

**SISTEM PERKIRAAN PENGGUNAAN LISTRIK RUMAH
TANGGA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY
(STUDI KASUS: PLN AREA PASURUAN)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Mochamad Ali Fahmi
NIM: 125150218113020



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

PENGESAHAN

PENGESAHAN

SISTEM PERKIRAAN PENGGUNAAN LISTRIK RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN
LOGIKA FUZZY (SUDI KASUS: PLN AREA PASURUAN)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Mochamad Ali Fahmi

NIM: 125150218113020

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
27 Desember 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Muhammad Tanzil Furdon, S.Kom, M.CompSc

NIP: 19820930 200801 1 004

Sutrisno, Ir., M.T

NIP: 19570325 198701 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 27 Desember 2018



Mochamad Ali Fahmi

NIM: 125150218113020

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang melimpahkan berkat, rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “ Sistem Perkiraan Penggunaan Listrik Rumah Tangga Menggunakan *Logika Fuzzy* (Studi Kasus: PLN Area Pasuruan)”. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Teknik Informatika Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

1. Bapak M. Tanzil Furqon, S.Kom., M.CompSC selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Sutrisno, Ir., M.T selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi kepada penulis terkait dalam penulisan skripsi terutama dalam hal dokumentasi.
3. Bapak Agus Wahyu Widodo, S.T., M.Cs selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Agus Setiono, S.T selaku Manager Area PT. PLN (Persero) Area Pasuruan yang telah memberikan arahan dan kesempatan kepada penulis untuk observasi data skripsi ini.
5. Bapak Tri Yudha Teguh selaku SPV Pelayanan Pelanggan PT. PLN (Persero) Area Pasuruan yang telah memberikan data perusahaan terkait dalam penulisan skripsi.
6. Terima kasih kepada Basofi, Irma, Aziz, Syarif, Gustian Ri’pi, dan FILKOM angkatan 2012 yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Siti Robbana yang membantu dan mendukung saya dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh pihak yang telah membantu proses penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Maka penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak agar tercapainya kesempurnaan dalam skripsi ini. Akhir kata semoga penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Malang, 27 Desember 2018

Penulis

Mochamadalifahmi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Mochamad Ali Fahmi. 2018. Sistem Perkiraan Penggunaan Listrik Rumah Tangga Menggunakan Logika Fuzzy (Studi Kasus: PLN Area Pasuruan). Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang. Dosen Pembimbing: Muhammad Tanzil Furqon, S.Kom, M.CompSc dan Sutrisno, Ir., M.T.

Di salah satu wilayah Indonesia yakni Pasuruan, di beberapa tahun terakhir telah terjadi peningkatan pesat dalam pertumbuhan ekonomi, sehingga terjadi peningkatan yang besar terhadap kebutuhan energi listrik sampai melampaui skenario yang semula direncanakan oleh pemerintah. Sistem kelistrikan kota Pasuruan sendiri merupakan sistem kelistrikan yang kompleks dimana terdapat kesulitan dalam memperkirakan besar pemakaian listrik yang dapat mempengaruhi kesiapan dari unit pembangkit untuk menyediakan pasokan listrik kepada konsumen. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan penggunaan listrik jangka panjang terutama untuk sektor rumah tangga dalam melakukan perencanaan penambahan pembangkit listrik yang baru, perluasan jaringan distribusi dan kebutuhan perencanaan penjadwalan pengoperasian pembangkit energi listrik, agar daya yang dibangkitkan sesuai dengan kebutuhan beban. Pada penelitian ini digunakan metode logika *fuzzy* untuk melakukan perkiraan atau peramalan. Data yang digunakan sebanyak 70 data histori dari bulan Januari 2012 sampai dengan Oktober 2017 didapatkan dari PLN Area Pasuruan. Hasil implementasi dan pengujian akurasi pada penelitian ini mendapatkan nilai parameter terbaik dengan hasil nilai MSE terendah sebesar 1,602823095 dan MAPE 3,84%. Pengujian yang dilakukan mendapatkan jumlah *fuzzy set* terbaik pada nilai 16, sedangkan nilai terburuk sejumlah 7 *fuzzy set*.

Kata kunci: peramalan, listrik rumah tangga, logika fuzzy, MSE, MAPE.

ABSTRACT

Mochamad Ali Fahmi. 2018. Forecasting System of Household Electricity Using Fuzzy Logic (Case Study of PLN Pasuruan Area). Program Study of Informatics Engineering, Department of Informatics Engineering, Faculty of Computer Science, University of Brawijaya, Malang. Advisor Muhammad Tanzil Furqon, S.Kom, M.CompSc dan Sutrisno, Ir., M.T.

In one of Indonesia's regions, Pasuruan, in recent years there has been a rapid increase in economic growth, resulting in a large increase in electricity demand to exceed the scenario originally planned by the government. The electricity system in the city of Pasuruan itself is a complex electricity system where there are difficulties in estimating the amount of electricity that can affect the readiness of the generating unit to provide electricity supply to consumers. Based on these constraints, it is necessary to estimate long-term electricity use, especially for the household sector in planning the addition of new power plants, expansion of the distribution network and planning requirements for the operation of electricity generation, so that the power generated is in accordance with load requirements. In this study Fuzzy Logic method is used to estimate or forecast. Data that were used as many as 70 historical data from January 2012 to October 2017 obtained from PLN Pasuruan Area. The results of the implementation and accuracy testing in this study got the best parameter value with the lowest MSE value of 1.602823095 and MAPE 3,84%. The test is done to get the best number of fuzzy sets at 16, while the worst value is 7 fuzzy sets.

Keywords: forecasting, household electricity, Logical Fuzzy, MSE, MAPE.

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR KODE PROGRAM	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Beban Listrik.....	6
2.2.1 Karakteristik beban listrik	6
2.2.2 Pengelompokan Beban Listrik.....	6
2.3 Perkiraan atau peramalan	7
2.3.1 Definisi peramalan	7
2.3.2 Jenis peramalan.....	7
2.3.3 Jenis jangka waktu peramalan	8
2.4 <i>Logika Fuzzy</i>	8
2.4.1 Pengertian logika <i>fuzzy</i>	9
2.4.2 Himpunan <i>fuzzy</i>	9
2.4.3 Fungsi keanggotaan	10
2.5 Algoritme <i>fuzzy time series</i>	12
2.6 Perhitungan nilai kesalahan.....	14

BAB 3 METODOLOGI	15
3.1 Landasan Kepustakaan	16
3.2 Pengumpulan Data	16
3.3 Analisis dan Perancangan Sistem	16
3.4 Implementasi Sistem	17
3.5 Pengujian dan Analisis	18
3.6 Kesimpulan dan saran.....	18
BAB 4 PERANCANGAN.....	19
4.1 Formulasi Permasalahan.....	19
4.2 Siklus model <i>fuzzy time series</i>	19
4.2.2 Fuzzifikasi	22
4.2.3 Fuzzy Logical Relationship.....	23
4.2.4 Fuzzy Logical Relationship Group.....	24
4.2.5 Defuzzifikasi	25
4.2.6 Peramalan	27
4.2.7 MSE.....	28
4.3 Perhitungan Manualisasi dengan <i>Fuzzy Time Series</i>	28
4.4 Perancangan Skenario Pengujian	35
4.4.1 Skenario pengujian jumlah <i>fuzzy set</i>	35
4.5 Perancangan antarmuka.....	36
4.6 Penarikan Kesimpulan	37
BAB 5 IMPLEMENTASI	38
5.1 Implementasi program	38
5.1.1 Implementasi proses menentukan himpunan semesta dan interval	38
5.1.2 Implementasi proses nilai tengah	39
5.1.3 Implementasi proses fuzzifikasi	39
5.1.4 Implementasi proses <i>fuzzy logical relationship</i>	39
5.1.5 Implementasi proses <i>fuzzy logical relationship group</i>	40
5.1.6 Implementasi proses defuzzifikasi	40
5.1.7 Implementasi proses peramalan	41
5.1.8 Implementasi proses perhitungan nilai kesalahan	41
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	43

6.1 Hasil dan analisis perbandingan jumlah fuzzy set	43
6.2 Hasil analisis global	44
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	46
7.1 Kesimpulan.....	46
7.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	49



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Objek dan Metode	5
Tabel 4.1 Data aktual jumlah daya listrik PLN Area Pasuruan	29
Tabel 4.2 Pembagian himpunan semesta menjadi 7 interval.....	30
Tabel 4.3 Hasil fuzzifikasi.....	31
Tabel 4.4 <i>Fuzzy logical relationship</i>	32
Tabel 4.5 <i>Fuzzy logical relationship group</i>	32
Tabel 4.6 Hasil Peramalan	33
Tabel 4.7 Perhitungan nilai kesalahan peramalan	34
Tabel 4.8 Perbandingan nilai kesalahan antara MSE dengan MAPE	35
Tabel 4.8 Rancangan pengujian jumlah <i>fuzzy set</i>	36
Tabel 6.1 Hasil MSE pada pengujian jumlah <i>fuzzy set</i>	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Representasi Linier Naik.....	10
Gambar 2.3 Representasi Linier Turun	11
Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga	11
Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium.....	12
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian	15
Gambar 3.2 Proses peramalan menggunakan <i>fuzzy time series</i>	17
Gambar 4.1 Diagram alir <i>fuzzy time series</i>	21
Gambar 4.2 Diagram alir fuzzifikasi	22
Gambar 4.3 Diagram alir FLR	23
Gambar 4.4 Diagram alir FLRG	24
Gambar 4.5 Diagram alir defuzikasi	26
Gambar 4.6 Diagram alir peramalan.....	27
Gambar 4.7 Diagram alir perhitungan MSE	28
Gambar 4.8 Rancangan antarmuka	36
Gambar 6.1 Grafik hasil pengujian jumlah <i>fuzzy set</i>	44
Gambar 6.2 Grafik perbandingan daya listrik data aktual dan data ramalan	45

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Implementasi proses menentukan himpunan semesta dan interval	38
Kode Program 5.2 Implementasi proses nilai tengah	39
Kode Program 5.3 Implementasi proses fuzzifikasi	39
Kode Program 5.4 Implementasi proses <i>fuzzy logical relationship</i>	39
Kode Program 5.5 Implementasi proses <i>fuzzy logical relationship group</i>	40
Kode Program 5.6 Implementasi proses defuzzifikasi	41
Kode Program 5.7 Implementasi proses peramalan	41
Kode Program 5.8 Implementasi proses perhitungan nilai kesalahan	42



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tingkat pemakaian energi listrik dapat dikatakan sebagai salah satu tolak ukur yang sangat korelatif dengan tingkat peradaban dari setiap bangsa di dunia. Makin maju suatu bangsa, makin tinggi tingkat kesejahteraannya, dan makin tinggi pula tingkat konsumsi energi listriknya. Sebaliknya jika semakin terbelakang suatu bangsa, maka semakin rendah tingkat kesejahteraannya dan makin rendah pula konsumsi listriknya. Dilihat dari segi tolak ukur tingkat konsumsi energi listrik, negeri Indonesia masih tergolong terbelakang dibandingkan negara-negara lain, bahkan dibandingkan sesama negara berkembang dan negara-negara di kawasan Asia Tenggara, apalagi dibandingkan dengan negara-negara yang sudah maju (Sah & Degtiarev, 2005).

Tidak hanya itu, kebutuhan listrik dipengaruhi juga oleh perkembangan budaya atau kebiasaan masyarakat dalam mengonsumsi tenaga listrik. Artinya kebiasaan penggunaan bermacam-macam barang yang bertenaga listrik telah memacu laju penggunaan tenaga listrik per kapita, termasuk industri yang dominan dalam menggunakan tenaga listrik. Sehingga perencanaan penyediaan tenaga listrik di masa kini atau jauh di masa depan dibutuhkan pertimbangan yang bersifat integral, serta dapat diprediksi dengan baik. Kebutuhan tenaga listrik digunakan dalam beberapa sektor, antara lain sektor rumah tangga, industri, usaha komersial, dan tempat layanan umum. Besar konsumsi listrik pada suatu rentang waktu tidak dapat dihitung secara pasti. Oleh karena itu, perkiraan penggunaan listrik dibutuhkan untuk mengetahui nilai perkiraan konsumsi listrik.

Di salah satu wilayah Indonesia yakni Pasuruan, di beberapa tahun terakhir telah terjadi peningkatan pesat dalam pertumbuhan ekonomi, sehingga terjadi peningkatan yang besar terhadap kebutuhan energi listrik sampai melampaui skenario yang semula direncanakan oleh pemerintah. Dengan demikian peningkatan pasokan tenaga listrik terutama pada beberapa tahun mendatang harus semakin ditingkatkan karena kebutuhan listrik meningkat. Hal ini dilakukan agar peningkatan dapat sejalan dengan kemajuan ekonomi serta dapat mengatasi kekurangan listrik yang masih terjadi di beberapa daerah.

Sistem kelistrikan kota Pasuruan sendiri merupakan sistem kelistrikan yang kompleks terdapat kesulitan dalam memperkirakan besar pemakaian listrik yang dapat berpengaruh terhadap kesiapan dari unit pembangkit untuk menyediakan pasokan listrik kepada konsumen. Penelitian ini mengambil lokasi penelitian di PT PLN (Persero) Area Pasuruan, yang memiliki jumlah penduduk sebanyak 1,5 juta orang pada tahun 2014 dan memiliki pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun yang semakin meningkat. Berdasarkan pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan pembangunan infrastruktur, pertumbuhan ekonomi dan ketersediaan energi listrik di kota Pasuruan maka perlu dilakukan perkiraan penggunaan listrik jangka panjang terutama untuk sektor rumah tangga untuk

melakukan perencanaan penambahan pembangkit listrik yang baru, perluasan jaringan distribusi dan kebutuhan perencanaan penjadwalan pengoperasian pembangkit energi listrik, agar daya yang dibangkitkan sesuai dengan kebutuhan beban. Oleh karena itu, penulis menggunakan suatu metode yang mampu memberikan hasil peramalan yang akurat untuk menanggulangi keterbatasan tersebut.

Perkiraan penggunaan listrik jangka panjang dilakukan dengan menggunakan metode logika *fuzzy*. Metode logika *fuzzy* yang digunakan adalah metode logika *fuzzy time series* karena memiliki kemampuan dapat meramal atau memperkirakan pada data yang tidak lengkap dan mengandung noise, dengan hasil yang lebih baik (Cai, et al., 2013). Dari latar belakang tersebut penulis ingin mengusulkan penelitian yang berjudul “Sistem Perkiraan Penggunaan Listrik Rumah Tangga Menggunakan Logika *Fuzzy*” untuk memperkirakan penggunaan listrik rumah tangga.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari latar belakang masalah diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan metode *Fuzzy Time Series* untuk sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga di PT PLN Area Pasuruan?
2. Bagaimana hasil pengujian akurasi untuk sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode *Fuzzy Time Series*?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan metode *Fuzzy Time Series* untuk sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga.
2. Mengetahui hasil pengujian akurasi untuk sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode *Fuzzy Time Series*.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagi Pemerintah :

1. Memberikan hasil peramalan yang akurat untuk menanggulangi keterbatasan dan masalah yang dihadapi Pemerintah dalam persediaan listrik.

Bagi Peneliti:

1. Menambah wawasan mengenai penggunaan metode *Logika Fuzzy Time Series*.

1.5 Batasan masalah

Dari permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang masalah, maka berikut diberikan batasan masalah untuk menghindari melebar nya masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini hanya menggunakan data yang diambil dari PT PLN Pasuruan pada rentang waktu 2012-2017.
2. Variabel yang digunakan adalah data total konsumsi energi pelanggan PLN selama 5 tahun 10 bulan yang terhitung per bulan, sehingga total data selama periode 2012-2017 menghasilkan 70 data.
3. Metode yang digunakan adalah Logika *Fuzzy*.
4. Perancangan dan implementasi dengan menggunakan Bahasa pemrograman Java.

1.6 Sistematika pembahasan

Dalam pembuatan laporan penelitian ini penulis membagi dalam tujuh bab yang diantaranya:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup atau batasan masalah, dan sistematika pembahasan dari penelitian yang diangkat.

BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini menguraikan tentang teori-teori dan temuan yang sebelumnya diperoleh dari berbagai referensi yang akan digunakan pada penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode atau langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menguraikan tentang perancangan yang terdiri dari perancangan sistem, perancangan antar muka, serta perancangan uji coba dan evaluasi.

BAB V IMPLEMENTASI

Bab ini menguraikan tentang implementasi sistem berdasarkan metodologi penelitian dan perancangan sistem.

BAB VI PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menguraikan tentang hasil pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap sistem yang telah diimplementasikan.

BAB VII PENUTUP

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian dan saran untuk penelitian yang selanjutnya.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan ini, peneliti menggali informasi dari penelitian sebelumnya dalam rangka mendapatkan teori yang berkaitan untuk memperoleh landasan ilmiah. Dengan membandingkan penelitian tersebut didapatkan persamaan serta perbedaan terhadap penelitian oleh peneliti. Sehingga dapat digunakan sebagai pembeda dari penelitian sebelumnya.

Pada penelitian sebelumnya, dilakukan peramalan beban listrik jangka pendek pada sistem kelistrikan Jawa Timur dan Bali menggunakan *fuzzy time series*. Harapan penggunaan model *fuzzy time series* ini adalah untuk meningkatkan hasil ketepatan peramalan dalam menanggapi ketidakpastian dan ketidakjelasan. Hasil peramalan menggunakan metode yang diajukan oleh Song-Chissom menghasilkan *error* rata-rata yaitu 25 lebih kecil dari 01 dibandingkan metode yang diajukan Sign yang menghasilkan *error* rata-rata 26 (Handoko, 2010).

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Chai *et al* (2013) pada permasalahan peramalan saham dapat diselesaikan menggunakan metode *fuzzy logical relationship* dan algoritme genetika, serta dengan menerapkan *percentage change* pada himpunan semesta. Penggunaan metode ini, terbukti didapatkan hasil yang signifikan karena nilai kesalahan yang didapatkan lebih kecil dibandingkan hasil metode *fuzzy time series* konvensional pada penelitian sebelumnya, dengan rata-rata kesalahan 79,7. Dan hasil peramalan juga menunjukkan bahwa nilai peramalan dan nilai aktual dari data sangat dekat serta cenderung baik pada peramalan saham. Selain itu, perbandingan juga menunjukkan bahwa model yang diajukan menggunakan *dataset* yang lebih besar dari pada peramalan TAIEX.

Sedangkan pada penelitian Schdev dan Sharma (2015), generalisasi metode *fuzzy logical relationship* dan algoritme genetika juga diterapkan pada permasalahan yang sama. Hasil penelitian tersebut menunjukkan, bahwa penggunaan metode *fuzzy logical relationship* dan algoritme genetika memberikan hasil peramalan terbaik yakni dengan rata-rata kesalahan 80,72 dibandingkan dengan metode sebelumnya. Selain itu, penelitian oleh Zhao *et al* (2015) dengan penerapan metode algoritme genetika yang dikombinasikan dengan *fuzzy time series* dan *rough* (Zhao, et al., 2015) *sets* juga menghasilkan rata-rata akurasi terbesar dan nilai kesalahan yang terkecil dibandingkan model *fuzzy time series* konvensional.

Pada penelitian Qiu *et al* (2015) penggunaan generalisasi metode *automatic clustering* dan *fuzzy logical relationship* dapat menyelesaikan peramalan jumlah mahasiswa universitas Alabama dengan hasil prediksi yang lebih akurat karena nilai kesalahan yang lebih rendah. Pada kasus penelitian lain oleh Cheng *et al* (2015) menggunakan metode *fuzzy logical relationship* dan *similarity measures* mendapatkan hasil kesalahan yang lebih kecil dibandingkan

penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Cheng *et al* (2016) dengan pengembangan dari metode *fuzzy logical relationship* juga mendapatkan hasil nilai kesalahan yang rendah. Hasil serupa juga didapatkan pada peramalan kebutuhan hidup minimum oleh (Anggodo & Mahmudy, 2016). Dari penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa permasalahan peramalan dapat diselesaikan dengan penggunaan metode *fuzzy logical relationship* yang berdiri sendiri atau dikombinasi dengan berbagai metode lain (Cheng, et al., 2016).

Berikut disajikan dalam bentuk tabel penelitian-penelitian sebelumnya untuk mempermudah pemahaman yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Objek dan Metode

No	Judul	Objek	Metode	Output
1	<i>Peramalan beban listrik jangka pendek pada sistem kelistrikan jawa timur dan ali menggunakan fuzzy time series</i>	Peramalan beban listrik jangka pendek	<i>Fuzzy time series</i>	Perbandingan hasil <i>error</i> rata-rata pada model Song-Chissom dan model Sign berturut-turut yaitu 25 dan 26
2	<i>A novel stock forecasting model based on fuzzy time series and genetic algorithm</i> (Chai et al., 2013)	Peramalan saham	<i>Fuzzy logical relationship</i> dan algoritme genetika	Hasil peramalan yang signifikan karena nilai rata-rata kesalahan terkecil dibandingkan hasil metode konvensional sebelumnya, yakni 79,7 menggunakan RMSE
3	<i>Stock forecasting model based on combined fuzzy time series and genetic algorithm</i> (Schdev & Sharma, 2015)	Peramalan saham	Generalisasi metode <i>fuzzy logical relationship</i> dan algoritme genetika	Memberikan hasil peramalan terbaik dibandingkan dengan metode sebelumnya, dengan nilai 80,27 menggunakan RMSE
4	<i>A fuzzy time-series prediction by GA based rough sets model</i> (Zhao et al, 2015)	Peramalan harga penutupan saham	<i>Fuzzy time series</i> , algoritme genetika dan <i>rough sets</i>	Hasil menunjukkan bahwa metode yang diusulkan lebih efisien dengan nilai kesalahan terkecil dan rata-rata akurasi tertinggi dari pada metode FTS konvensional
5	<i>Fuzzy time series forecasting model based on automatic clustering techniques and generalized fuzzy logical relationship</i> (Qiu et al., 2015)	Peramalan jumlah mahasiswa universitas alabama	<i>Automatic clustering</i> dan <i>fuzzy logical relationship</i>	Hasil peramalan menunjukkan bahwa hasil prediksi lebih akurat karena nilai kesalahan yang didapatkan lebih rendah dari penelitian sebelumnya

No	Judul	Objek	Metode	Output
6	<i>A novel fuzzy time series forecasting method based on fuzzy logical relationships and similarity measures</i> (Cheng et al., 2015)	Peramalan saham TAIEX (Taiwan Stock Exchange Capitalization Weighted Stock Index)	<i>Fuzzy logical relationships</i> dan <i>similarity measures</i>	Hasil peramalan dengan nilai kesalahan yang rendah dibandingkan penelitian sebelumnya, dengan rata-rata kesalahan 91,46 untuk data tahun 1990-1999 dan 86,67 untuk data tahun 1999-2004, menggunakan RMSE
7	<i>Fuzzy time series forecasting based on fuzzy logical relationships and similarity measures</i> (Cheng et al., 2016)	Peramalan saham TAIEX (Taiwan Stock Exchange Capitalization)	<i>Fuzzy logical relationships</i> dan <i>similarity measures</i>	Hasil peramalan dengan nilai kesalahan yang rendah dibandingkan penelitian sebelumnya, dengan rata-rata kesalahan 89,40 untuk data tahun 1990-1999 dan 84,68 untuk data tahun 1999-2004, menggunakan RMSE
8	Usulan penulis: Sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan logika fuzzy (studi kasus PLN area pasuruan (fahmi, 2018))	Perkiraan penggunaan listrik rumah tangga	Logika fuzzy	Hasil perkiraan menggunakan metode logika fuzzy yang mampu menyelesaikan perkiraan penggunaan listrik rumah tangga dalam MSE

2.2 Beban Listrik

2.2.1 Karakteristik beban listrik

Karakteristik perubahan daya yang diterima oleh sistem tenaga pada setiap satuan waktu dalam suatu interval hari tertentu, disebut sebagai kurva beban harian. Kurva ini dapat digambarkan dengan mencatat besarnya beban listrik dalam satuan MW. Pada sumbu vertical, satuan MW menyatakan skala beban. Sedangkan sumbu horizontal menyatakan skala pencatatan waktu dalam 24 jam (Dewi, et al., 2016).

2.2.2 Pengelompokan Beban Listrik

Pengelompokan beban listrik meliputi:

1. Beban perumahan (residential): merupakan beban listrik dalam kegiatan rumah tangga seperti lampu penerangan, kipas, angin, pompa air, televisi dan lain-lain.

2. Beban komersial (commercial): merupakan beban listrik untuk menunjang suatu kegiatan usaha, seperti kantor, pusat pertokoan, hotel dan lain-lain.
3. Beban industri (industrial): merupakan beban listrik untuk menunjang suatu proses produksi tertentu.

2.3 Perkiraan atau peramalan

Perkiraan atau peramalan adalah suatu cara yang digunakan untuk mengukur atau memperkirakan kejadian dimasa yang akan datang. Perkiraan dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Perkiraan secara kualitatif adalah perkiraan yang berdasarkan pendapat dari yang melakukan peramalan, sedangkan peramalan kuantitatif adalah peramalan yang menggunakan data-data tertentu (Handoko, 2010).

2.3.1 Definisi peramalan

Berdasarkan beberapa penjelasan sebelumnya, peramalan merupakan cara untuk memperkirakan kejadian atau kondisi di masa depan, untuk mengambil sebuah keputusan. Dalam pengambilan keputusan tersebut, tentunya dibutuhkan pertimbangan yang matang. Dengan demikian sangat erat hubungan antara peramalan dengan pengambilan keputusan, sehingga dapat dipersiapkan tindakan-tindakan yang dibutuhkan untuk masa yang akan datang. Menurut kamus besar bahasa Indonesia terdapat beberapa definisi tentang peramalan, antara lain:

1. Peramalan merupakan bentuk gambaran masa depan yang didasarkan pada pengolahan angka historis yang digunakan sebagai teknik statistik (Buffa, et al., 1996).
2. Peramalan merupakan bagian internal dalam melakukan pengambilan keputusan manajemen (Makridakis, et al., 1999).
3. Peramalan merupakan prediksi, yang berarti rencana atau perkiraan tentang kejadian di masa mendatang dan bersifat tidak pasti (KBBI).

2.3.2 Jenis peramalan

Dalam membuat suatu peramalan, hasil akan sangat ditentukan berdasarkan metode yang digunakan. Perbedaan antara hasil peramalan dan hasil aktual juga menjadi penentu seberapa baik metode untuk digunakan. Semakin kecil perbedaan atau penyimpangan yang terjadi, maka akan semakin baik metode tersebut. Menurut Jumingan (2009) berdasarkan sifatnya, peramalan dibedakan menjadi dua macam, antara lain:

1. Peramalan kualitatif

Peramalan kualitatif merupakan jenis peramalan dengan data yang tidak dapat di representasikan menjadi angka ataupun nilai secara tegas. Hasil dari peramalan ini tergantung pada pihak yang menyusunnya. Hal ini

karena hasil peramalan yang didasarkan pada pemikiran, pendapat, pengetahuan serta pengalaman dari penyusun.

2. Peramalan kuantitatif

Peramalan kuantitatif merupakan jenis peramalan yang menggunakan data kuantitatif di masa lalu yang mampu dimodelkan dalam bentuk angka. Data jenis ini biasanya disebut dengan data *time series*.

2.3.3 Jenis jangka waktu peramalan

Menurut Heizer dan Render (2005) jangka waktu peramalan dapat dibedakan menjadi tiga kategori sebagai berikut:

1. Jangka pendek, merupakan jenis peramalan yang memiliki jangka waktu kurang dari tiga bulan.
2. Jangka menengah, merupakan jenis peramalan yang memiliki jangka waktu tiga bulan sampai dengan tiga tahun.
3. Jangka panjang, merupakan jenis peramalan yang memiliki jangka waktu lebih dari tiga tahun.

Sedangkan dalam peramalan beban listrik, periode peramalan dibagi menjadi 3 yakni (Dewi, et al., 2016):

1. Jangka pendek (*short term forecasting*), yakni peramalan dengan jangka waktu antara harian sampai dengan setiap jam. Peramalan ini biasanya ditujukan untuk studi perbandingan beban listrik dengan perkiraan data aktual (*realtime*).
2. Jangka menengah (*mid term forecasting*), yakni peramalan dengan jangka waktu mingguan atau bulanan. Peramalan jenis ini ditujukan untuk persiapan jadwal dan operasional listrik.
3. Jangka panjang (*long term forecasting*), yakni peramalan dengan jangka waktu beberapa tahun ke depan. Peramalan ini ditujukan untuk mempersiapkan ketersediaan unit pembangkit, sistem transmisi serta distribusi.

2.4 Logika Fuzzy

Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan oleh Zadeh (1965) untuk menangani konsepsi ketidakpastian akibat ketidaktepatan dan ketidakjelasan. Dalam aplikasinya *fuzzy* dapat diimplementasikan terhadap data-data yang kurang valid atau data-data yang bersifat linguistik yang ditetapkan oleh fungsi keanggotaan. Hal ini berbeda dengan perhitungan secara tradisional yang hanya menghendaki nilai interval antara 0 dan 1. Sistem *Fuzzy* dalam penyelesaiannya himpunan *fuzzy* mengaitkan 4 metode penyelesaian dimana di antaranya adalah fuzzifikasi, komposisi aturan, sistem inferensi, dan defuzzifikasi.

Dalam penyelesaiannya himpunan *fuzzy* mengaitkan 4 metode penyelesaian dimana di antaranya adalah fuzzifikasi, komposisi aturan, sistem inferensi, dan defuzzifikasi. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Ciri utama dari penalaran *fuzzy* adalah nilai derajat keanggotaan *fuzzy*. Untuk membuat komputer “berpikir” seperti yang kita kerjakan.

2.4.1 Pengertian logika *fuzzy*

Pengenalan logika *fuzzy* pertama kali dilakukan pada tahun 1965 oleh prof. Lotfi a. Zadeh. Teori himpunan *fuzzy* merupakan teori yang menjadi dasar dari logika *fuzzy*. Pada teori ini, derajat keanggotaan memiliki peranan penting dalam menentukan suatu keberadaan elemen dalam suatu himpunan. Dalam berbagai permasalahan, logika *fuzzy* dapat digunakan untuk memetakan suatu permasalahan dari suatu input menuju ke suatu output seperti yang diharapkan (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2010) terdapat beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy* antara lain:

1. Logika *fuzzy* memiliki konsep yang mudah dipahami. Hal ini karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan yang mendasari penalaran *fuzzy*.
2. Logika *fuzzy* cukup fleksibel karena mampu beradaptasi terhadap perubahan serta ketidakpastian dalam suatu permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki kemampuan toleransi akan data yang tidak tepat. Hal ini terjadi apabila terdapat beberapa data yang “eksklusif” dalam sekelompok data yang homogen.
4. Logika *fuzzy* memiliki kemampuan dalam membuat model fungsi-fungsi *non* linear secara kompleks.
5. Logika *fuzzy* memiliki bagian terpenting yang dikenal dengan *fuzzy expert system*, yakni kemampuan dalam membangun serta mengaplikasikan pengalaman pakar tanpa melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* memiliki kemampuan dalam bekerjasama dengan berbagai teknik secara konvensional yang biasanya terdapat pada bidang teknik elektro maupun teknik mesin.
7. Logika *fuzzy* mudah untuk dimengerti karena didasarkan pada bahasa sehari-hari atau bahasa alami.

2.4.2 Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* ialah suatu kelompok yang menunjukkan suatu kondisi tertentu dalam variabel *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* berbeda dengan himpunan tegas. Sebagai contoh jika pada himpunan tegas (*crisp*) suatu item x dalam himpunan a memiliki nilai keanggotaan, maka hanya ada dua kemungkinan. Pertama item tersebut akan bernilai 1 yang artinya bahwa item x ialah anggota dalam himpunan a , atau sebaliknya item tersebut akan bernilai 0 yang artinya bahwa item x bukan anggota dalam himpunan a . Namun pada himpunan *fuzzy*, nilai yang digunakan

tidaklah demikian. Himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan tegas sehingga nilai keanggotaan yang dimiliki terletak antara rentang 0 sampai 1.

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2010) terdapat 2 atribut yang dimiliki himpunan *fuzzy* antara lain:

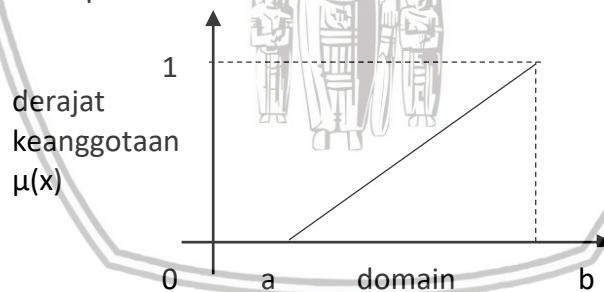
1. Lingustik, yakni penggunaan bahasa alami dalam memberikan nama suatu grup yang mewakili keadaan atau kondisi tertentu, seperti: muda, tua, parobaya.
2. Numeris, yakni nilai atau angka menunjukkan ukuran variabel seperti: 40, 25, 50, dsb.

2.4.3 Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan atau *membership function* merupakan kurva yang menunjukkan hasil pemetaan titik *input* data dalam bentuk nilai derajat keanggotaan dengan interval antara 0 sampai 1. Dalam mendapatkan nilai keanggotaan dapat melalui pendekatan fungsi. Berikut beberapa fungsi yang dapat digunakan antara lain (Kusumadewi dan Purnomo, 2010):

a. Representasi linier

Pada representasi ini pemetaan *input* terhadap derajat keanggotaan digambarkan sebagai garis yang lurus. Terdapat 2 kondisi pada himpunan *fuzzy* linier. Pertama, garis akan terbentuk ketika nilai domain dengan derajat keanggotaan nol (0) akan bergerak ke domain dengan derajat keanggotaan lebih tinggi. Hal ini disebut representasi linier menaik. Gambar 2.2 akan menunjukkan representasi linier naik.



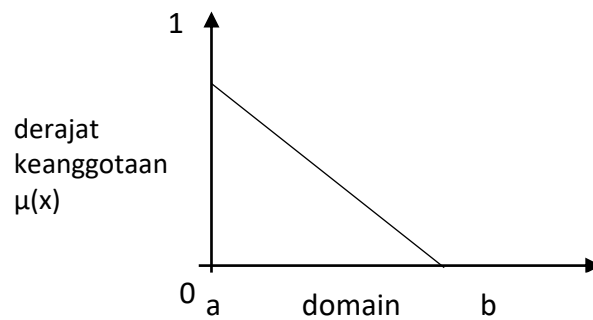
Gambar 2.1 Representasi Linier Naik

Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Yang kedua, garis lurus akan dimulai ketika nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan tertinggi berada di sisi kiri dan bergerak menurun menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan rendah atau disebut juga representasi linier turun (Gambar 2.3).



Gambar 2.2 Representasi Linier Turun

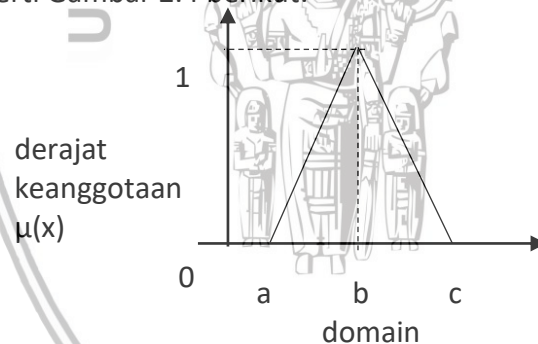
Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi kurva segitiga

Representasi ini pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.3 Representasi Kurva Segitiga

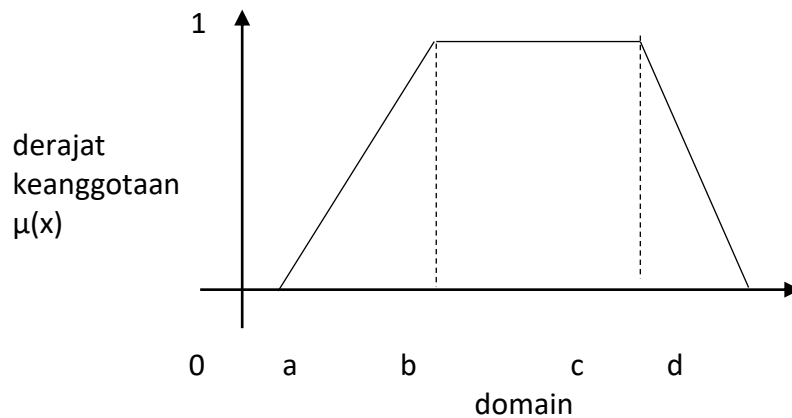
Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (b-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representasi kurva trapesium

Kurva ini pada dasarnya memiliki bentuk yang sama seperti kurva segitiga, namun terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.4 Representasi Kurva Trapesium

Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & x \geq d \end{cases} \quad (2.4)$$

2.5 Algoritme fuzzy time series

Fuzzy time series (FTS) merupakan sebuah model yang menggunakan prinsip *fuzzy* untuk menyelesaikan masalah peramalan berdasarkan data historis. Data historis yang digunakan berdasarkan nilai-nilai linguistik bukan numerik. Sistem peramalan dengan FTS yaitu menggunakan pola data pada masa lalu, dan memroyeksikan data tersebut ke masa depan (Song & Chissom, 1994). Metode ini sering digunakan dalam menyelesaikan masalah peramalan.

Song dan Chissom (1994) menjelaskan *fuzzy time series* dengan beberapa definisi. Definisi yang paling pertama yaitu mengenai himpunan semesta (U) yaitu himpunan sampel, dimana $U = \{u_1, u_2, \dots, u_b\}$ dan $[D_{min}-D_1, D_{max} + D_2] = [awal, akhir]$. Himpunan fuzzy (A_1) merupakan bagian dari U yang didefinisikan sebagai $A_1 = f_{A_1}(u_1)/u_1 + f_{A_1}(u_2)/u_2 + \dots + f_{A_1}(u_b)/u_b$, dimana f_{A_1} merupakan anggota dari fungsi A_i ; $f_{A_i} : U \rightarrow [0,1]$. u_a merupakan elemen umum dari A_i , dan $f_{A_i}(u_a)$ ialah derajat dari u_a terhadap A_i ; $f_{A_i}(u_a) \in [0,1]$ serta $1 \leq a \leq b$.

Model *fuzzy time series* dapat menyelesaikan permasalahan prediksi, dengan cara sebagai berikut (Chen, 1996):

1. Tahap pertama yaitu menentukan himpunan semesta (*universe of discourse*) yang terbentuk berdasarkan data maksimum (D_{max}) dan minimum (D_{min}) pada data historis. Tahap ini untuk pencarian nilai maksimum dan minimum dari data aktual, dengan persamaan (2.5) yang akan dijadikan sebagai himpunan semesta data aktual sebagai berikut:

$$U = [D_{min}-D_1, D_{max}+D_2] \quad (2.5)$$

2. Membagi himpunan semesta ke dalam beberapa interval sub-himpunan, yang jumlahnya disesuaikan dengan jumlah *fuzzy set* yang digunakan.

3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* berdasarkan himpunan semesta, seperti halnya persamaan di bawah ini:

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

.....

$$A_n = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0.5/u_{n-1} + 0/u_n \quad (2.6)$$

4. Melakukan proses fuzzifikasi pada data historis. Pada proses ini akan ditentukan nilai keanggotaan setiap data historis terhadap masing-masing himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan. Yakni dengan cara menentukan apabila data masuk ke dalam interval sub-himpunan ke *i* atau u_i , maka data tersebut akan masuk ke dalam himpunan *fuzzy i* atau A_i .

5. Membangun *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan pada hasil fuzzifikasi di langkah ke-3. Jika hasil dari fuzzifikasi tahun *t* dan *t+1* adalah A_j dan A_k . Maka hasil FLR untuk setiap tahun secara berturut-turut dapat dibangun menjadi $A_j \rightarrow A_k$, dimana A_j disebut dengan *current state* dan A_k disebut dengan *next state*. Berdasarkan *current state* pada *fuzzy logical relationship*, kemudian dilakukan pembagian FLR menjadi *fuzzy logical relationship group* (FLRG), dimana FLR yang memiliki *current state* yang sama dimasukkan ke dalam FLRG yang sama.

6. Menghitung nilai peramalan yakni jika $F(t-1) = A_i$, maka nilai ramalan harus sesuai dengan beberapa aturan. Aturan tersebut berdasarkan Xihao dan Yimin (2008):

- Apabila FLR dari A_i tidak ditemukan ($A_i \rightarrow \#$), maka $F(t) = m_i$ yang merupakan nilai tengah dari u_i
- Apabila dalam satu himpunan fuzzy A_i hanya terdapat satu himpunan FLR atau FLRG A_i merupakan relasi *one-to-one* (misal $A_i \rightarrow A_j$), maka $F(t) = m_j$ yang merupakan nilai tengah dari u_j
- Jika terdapat himpunan FLR $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ atau disebut FLRG relasi *one-to-many* maka $F(t) = m_{j1}, m_{j2}, m_{j3}, \dots, m_{jn}$ yang merupakan nilai tengah dari $u_{j1}, u_{j2}, u_{j3}, \dots, u_{jn}$

$$F(t) = \frac{\sum_{i=1}^n m_{ij}}{n} \quad (2.7)$$

dimana:

m_{ji} = nilai tengah dari u_{ji}

n = Jumlah himpunan *fuzzy* yang berelasi dengan A_i

2.6 Perhitungan nilai kesalahan

Dalam teknik peramalan, hasil yang didapatkan tidak selamanya benar karena teknik yang diterapkan belum tentu akan sesuai dengan sifat data yang digunakan. Untuk itu, adanya pengawasan peramalan dilakukan dengan membandingkan kenyataan yang ada dengan hasil peramalan. Sehingga dengan penggunaan teknik peramalan yang paling sesuai akan dapat menghasilkan penyimpangan terkecil hasil peramalan (Jumingan, 2009). MSE digunakan karena dapat membentuk skala kemiripan hasil ramalan dengan data aktual (Qiu, et al., 2015). Jilani *et al* (2007) menggunakan metode MSE (*mean square error*) untuk mengetahui besarnya penyimpangan pada data aktual dan data hasil peramalan. MSE (*mean square error*) merupakan nilai kuadrat dari nilai rata-rata kesalahan. Berikut adalah Persamaan (2.8) yang menunjukkan cara perhitungan menggunakan MSE:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - F_i)^2}{n} \quad (2.8)$$

Dimana:

A_i = data aktual pada data ke- i .

F_i = nilai hasil peramalan data ke- i .

n = banyaknya data *time series*.

Sebagai hasil pembandingan, dalam penelitian ini menggunakan perhitungan nilai kesalahan lain yakni *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). *Mean Absolute Percentage Error* digunakan untuk pemilihan parameter terbaik serta mengetahui ketepatan peramalan. Semakin kecil nilai MAPE berarti nilai taksiran semakin mendekati nilai sebenarnya, atau metode yang dipilih merupakan metode terbaik (Makridakis, dkk. 2003). Berikut adalah Persamaan (2.9) yang menunjukkan cara perhitungan menggunakan MAPE:

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n} \right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \quad (2.9)$$

Dimana:

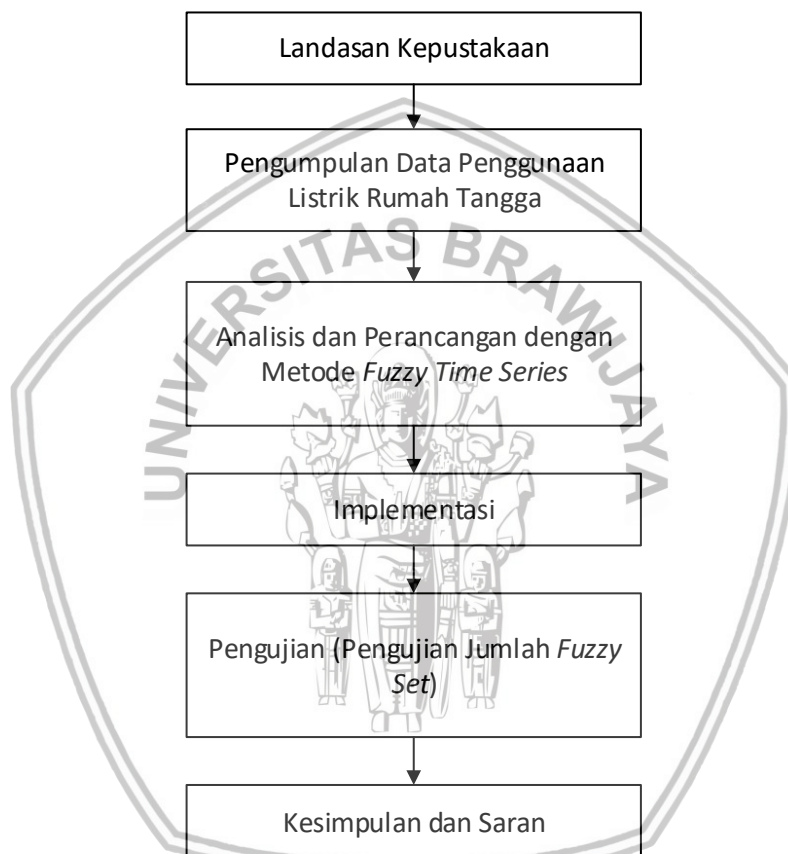
X_t = data aktual pada data ke- t .

F_t = nilai hasil peramalan data ke- t .

n = banyaknya data *time series*.

BAB 3 METODOLOGI

Bab ini akan menjelaskan tentang metode serta langkah-langkah yang akan digunakan dalam sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan logika *fuzzy*. Adapun tahapan metode penelitian yang dilakukan antara lain studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan dan perancangan sistem, implementasi sistem serta pengujian dan evaluasi hasil. Tahapan pada metodologi penelitian dijelaskan dalam Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 tahapan penelitian akan diuraikan sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai teori dan penelitian yang berkaitan dengan sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode Logika *Fuzzy*.
2. Pengumpulan data yang nantinya diterapkan ke dalam sistem diambil dari PT PLN Area Pasuruan.
3. Analisis kebutuhan dilakukan untuk menganalisis kebutuhan yang diperlukan oleh sistem. Sedangkan perancangan sistem dilakukan sesuai analisis kebutuhan.

4. Implementasi sistem dilakukan sesuai hasil analisis kebutuhan dan perancangan sistem menggunakan bahasa pemrograman java
5. Pengujian dilakukan dengan melakukan analisis hasil keluaran dari sistem.
6. Penarikan kesimpulan dirumuskan berdasarkan rumusan masalah dan hasil dari pengujian.

3.1 Landasan Kepustakaan

Dalam melakukan penelitian, data maupun metode yang digunakan diperoleh dari studi literatur untuk mendapat acuan dalam memperkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode *Logika Fuzzy Time Series*. Studi literatur dilakukan untuk mendukung pemahaman terhadap permasalahan yang diangkat dan mendapatkan landasan teori yang akan dijadikan acuan dalam pengembangan sistem yang akan dibuat. Studi Literatur didapatkan dari literatur skripsi yang sudah ada, jurnal, buku, *e-book* dan referensi dari internet. Beberapa literatur yang digunakan untuk menunjang teori dalam penelitian meliputi:

1. Beban Listrik
2. Perkiraan atau Peramalan
3. *Logika Fuzzy*
4. Metode *Fuzzy Time Series*

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder berasal dari pengamatan langsung di Badan Pusat Statistik kota Pasuruan dalam angka 2014 dan PT PLN (Persero) Area Pasuruan. Data tersebut meliputi data jumlah pelanggan, PDRB, dan Data beban listrik yang diambil pada tahun 2012-2017.

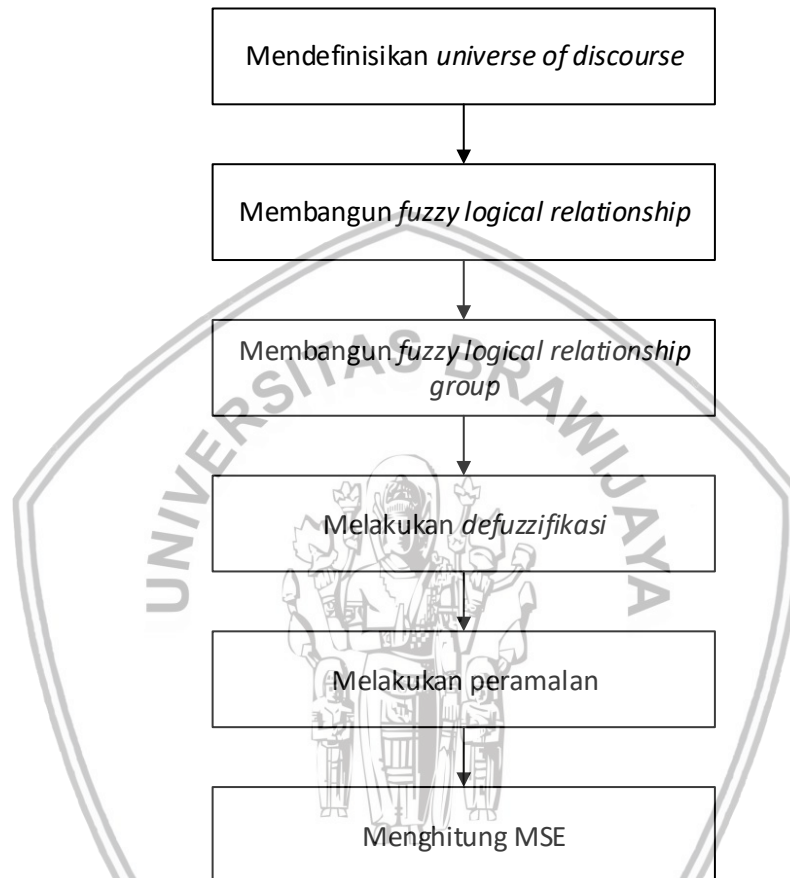
3.3 Analisis dan Perancangan Sistem

Tahapan perancangan bertujuan untuk mempermudah implementasi, pengujian dan analisis. Sistem yang akan dibangun di implementasikan menggunakan bahasa pemrograman java. Tahapan perancangan yang akan dilakukan meliputi:

1. Perancangan algoritme
Pada tahapan ini dilakukan proses perhitungan manualisasi untuk mempermudah proses implementasi.
2. Perancangan skenario pengujian
Pada tahapan ini dilakukan proses pengujian meliputi pengujian jumlah *fuzzy set* dan jumlah data dengan MSE.

Sistem peramalan yang akan dibangun nantinya digunakan untuk memperkirakan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan logika *fuzzy*. Metode *fuzzy time series* digunakan untuk melakukan proses perhitungan nilai perkiraan berdasarkan data yang dimasukkan. Sistem menerima inputan berupa sejumlah data *time series* dan data aktual pada waktu tertentu. Data tersebut

kemudian di proses secara *fuzzy*, yakni dengan tahapan *fuzzyfikasi*, kalkulasi dan *defuzzifikasi* demi memperoleh nilai akhir peramalan berupa bilangan tegas (*crisp*). Kemudian dilakukan pengambilan kesimpulan dari hasil perhitungan peramalan. *Flowchart* untuk proses peramalan menggunakan *fuzzy time series* dan algoritme genetika ditunjukkan pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Proses peramalan menggunakan *fuzzy time series*

3.4 Implementasi Sistem

Pada implementasi perangkat lunak yang dilakukan, implementasi ini diaplikasikan menggunakan bahasa pemrograman java, karena java merupakan bahasa pemrograman yang menawarkan pengembangan perangkat lunak untuk komputasi dengan waktu yang relatif cepat. Implementasi sistem menerapkan metode Logika *Fuzzy* agar mendapatkan hasil perkiraan penggunaan listrik yang akurat. Adapun kebutuhan-kebutuhan dalam rangka memenuhi proses implementasi tersebut diantaranya:

1. Kebutuhan perangkat keras
 - Laptop asus core i5
 - Nvidia GT63M 2G
 - RAM 4GB

- Hardisk 750GB
- Monitor 14"
- Resolusi 1366x768

2. Kebutuhan perangkat lunak

- Java sebagai bahasa pemrograman
- Netbeans ide 8.1 sebagai editor sistem
- Microsoft office 2016 untuk dokumentasi
- Microsoft excel 2016 untuk manualisasi perhitungan

3.5 Pengujian dan Analisis

Pada tahapan ini akan dilakukan proses pengujian dan analisis terhadap sistem yang telah melalui beberapa tahapan sebelumnya. Pengujian sistem dilakukan setelah sistem peramalan penggunaan listrik rumah tangga berhasil diimplementasikan. Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem yang telah dibuat dan mengevaluasi hasil kerja sistem, sehingga mengetahui hasil dari sistem, yang nantinya akan dijadikan kesimpulan dari hasil sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode *Logika Fuzzy*. Pengujian algoritme dilakukan melalui beberapa tahapan antara lain pengujian jumlah fuzzy set dan pengujian jumlah data. Pengujian jumlah *fuzzy set* dilakukan dengan membandingkan sejumlah nilai *fuzzy set* yang berbeda untuk menghasilkan MSE terkecil. Pengujian jumlah data digunakan untuk memperoleh perbandingan nilai MSE terkecil menggunakan jumlah data yang berbeda.

3.6 Kesimpulan dan saran

Setelah semua tahapan pada metodologi telah selesai diterapkan dan sesuai antara teori dan pengerjaannya, maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa sistem yang akan dibangun dapat menyelesaikan permasalahan yang diangkat ataupun tidak. Pada penelitian ini permasalahan yang diangkat adalah memperkirakan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode *Logika Fuzzy*.

BAB 4 PERANCANGAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang formulasi permasalahan, siklus model, siklus penyelesaian dan perancangan skenario pengujian yang digunakan dalam memperkirakan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode *Logika Fuzzy*.

4.1 Formulasi Permasalahan

Kebutuhan akan penggunaan tenaga listrik sangatlah tinggi, karena banyak digunakan dalam beberapa sektor diantaranya sektor rumah tangga, industri, usaha komersial dan tempat layanan umum. Besarnya konsumsi listrik pada beberapa tahun terakhir ini telah terjadi di PLN Area Pasuruan karena peningkatan pesat dalam pertumbuhan ekonominya. Peningkatan pesat pertumbuhan ekonomi di daerah Pasuruan menyebabkan kebutuhan energi listrik yang melampaui skenario yang semula direncanakan oleh pemerintah setempat, sehingga peningkatan pasokan tenaga listrik terutama pada beberapa tahun mendatang harus semakin ditingkatkan dan untuk dapat sejalan dengan kemajuan ekonomi dan juga untuk mengatasi kekurangan listrik yang masih terjadi di beberapa daerah. Besarnya konsumsi listrik pada rentang waktu tertentu tidak dapat dihitung secara pasti. Oleh karena itu, yang dapat dilakukan adalah memperkirakan atau meramalkan besarnya konsumsi listrik.

Pada proses memperkirakan atau meramalkan besarnya listrik metode yang digunakan adalah *fuzzy time series*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penggunaan energi (KWH) dari PT PLN Area Pasuruan tahun 2012-2017. Dalam proses perhitungan manualisasi digunakan 22 data mulai bulan Januari 2016 sampai dengan bulan Oktober. Nilai parameter pada metode *fuzzy time series* yang digunakan yakni sebanyak 7 *fuzzy set*.

4.2 Siklus model *fuzzy time series*

Sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan metode *fuzzy time series* bertujuan untuk memperkirakan beban listrik jangka panjang khususnya beban listrik rumah tangga sehingga menjadi solusi permasalahan pada sistem kelistrikan di Pasuruan. Data yang digunakan adalah data yang dari PT PLN Area Pasuruan pada periode 2012-2017. Data yang digunakan adalah data jumlah beban listrik dalam KWH. Diagram alir dari proses peramalan menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* ditunjukkan pada gambar 4.1.

Tahapan untuk menyelesaikan permasalahan penggunaan listrik rumah tangga adalah sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan semesta dan interval

Pada tahap ini himpunan semesta (*universe of discourse*) dibentuk berdasarkan data maksimum (D_{max}) dan minimum (D_{min}) pada data

historis. Tahap ini melakukan proses pencarian nilai maksimum dan minimum dari data actual sesuai dengan persamaan (2.5).

2. Membentuk himpunan *fuzzy*

Pada tahap ini himpunan semesta dibagi ke dalam beberapa interval sub-himpunan, yang jumlahnya disesuaikan dengan jumlah *fuzzy set* yang digunakan.

3. Fuzzifikasi

Pada tahap ini akan ditentukan nilai keanggotaan setiap data historis terhadap masing-masing himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan. Yakni dengan cara menentukan apabila data masuk ke dalam interval sub-himpunan ke i atau u_i , maka data tersebut akan masuk ke dalam himpunan *fuzzy* i atau A_i .

4. FLR

Pada tahap ini akan dibentuk FLR berdasarkan pada hasil *fuzzifikasi*. Jika hasil dari *fuzzifikasi* tahun t dan $t+1$ adalah A_j dan A_k . Maka hasil FLR untuk setiap tahun secara berturut-turut dapat dibangun menjadi $A_j \rightarrow A_k$, dimana A_j disebut dengan *current state* dan A_k disebut dengan *next state*.

5. FLRG

Pada tahap ini akan dibentuk suatu FLRG berdasarkan *current state* pada *fuzzy logical relationship*, kemudian dilakukan pembagian FLR menjadi *fuzzy logical relationship group* (FLRG), dimana FLR yang memiliki *current state* yang sama dimasukkan ke dalam FLRG yang sama.

6. Defuzzifikasi

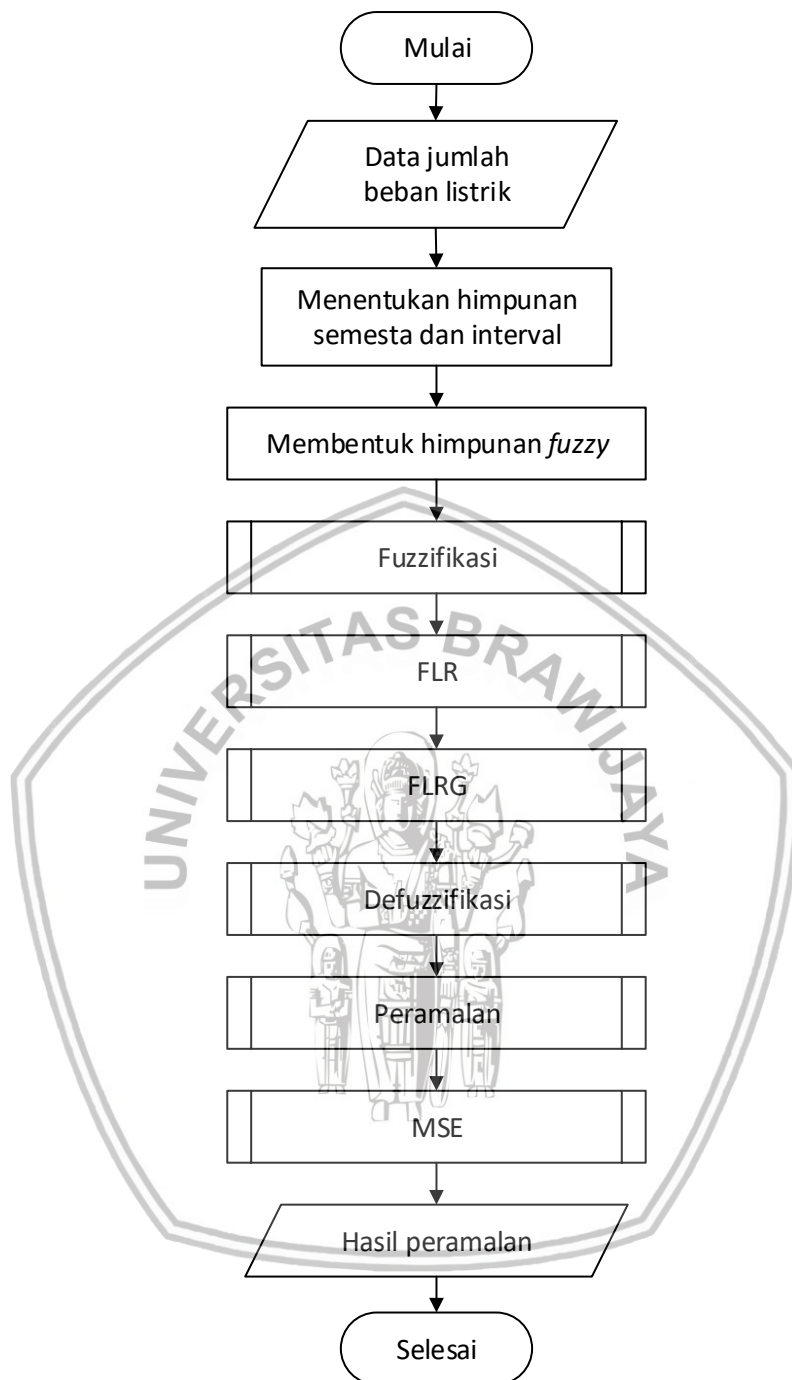
Pada tahap ini dilakukan perubahan atau konversi setiap hasil dalam bentuk *fuzzy set* menjadi nilai real. Perubahan dilakukan pada data hasil FLRG dengan perhitungan pembobotan nilai tengah/median yang telah didapatkan pada langkah sebelumnya.

7. Peramalan

Pada tahap ini didapatkan hasil peramalan untuk setiap data mulai dari data pertama sampai dengan data terakhir berdasarkan hasil *defuzzifikasi*. Hasil peramalan selanjutnya akan dibandingkan dengan data aktual menggunakan perhitungan nilai *error*.

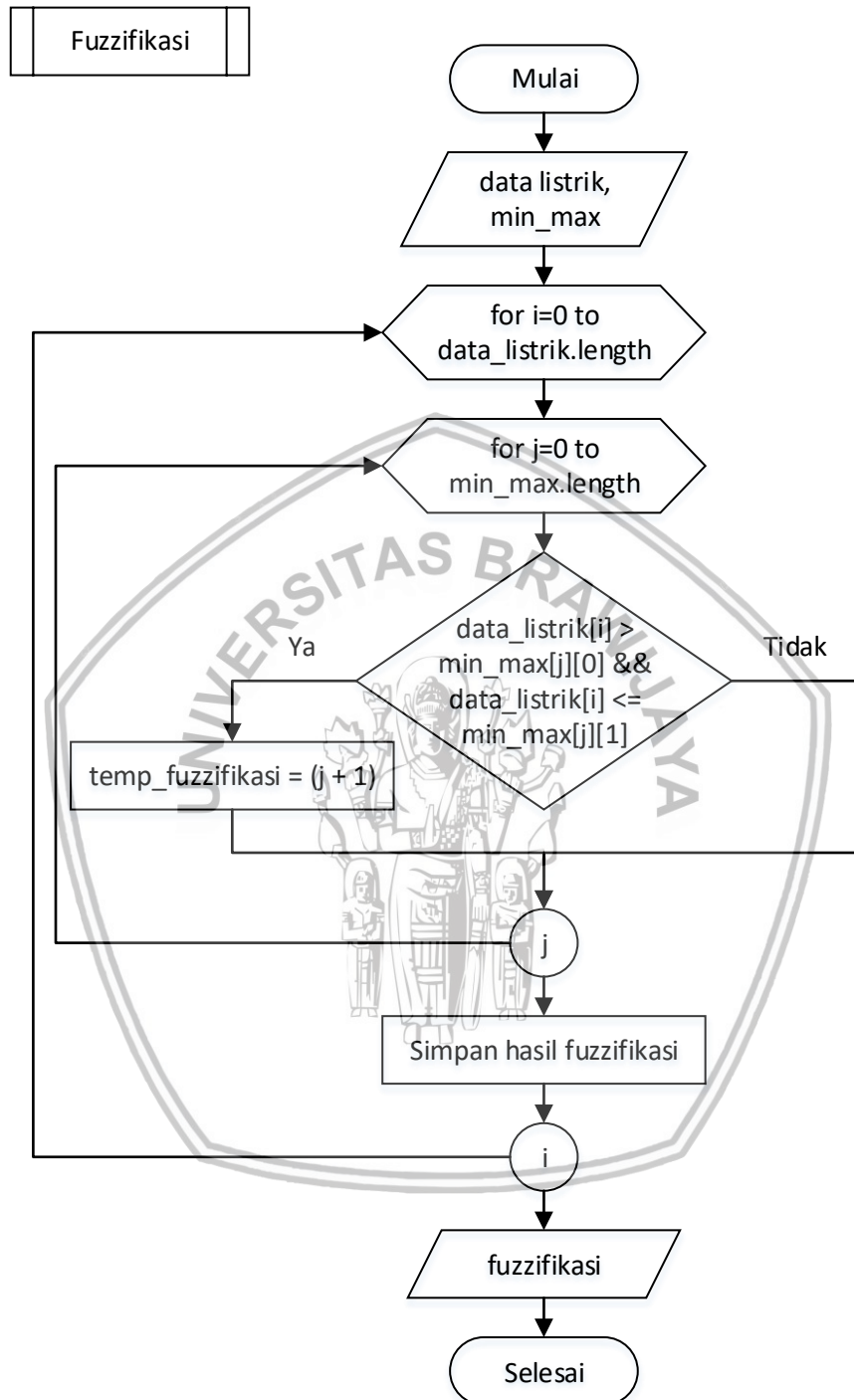
8. MSE

Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai *error* pada setiap data berdasarkan nilai aktual data dan nilai peramalan data. Kemudian sejumlah nilai *error* di kalkulasi untuk mendapatkan MSE sebagai nilai akhir.



Gambar 4.1 Diagram alir *fuzzy time series*

4.2.2 Fuzzifikasi

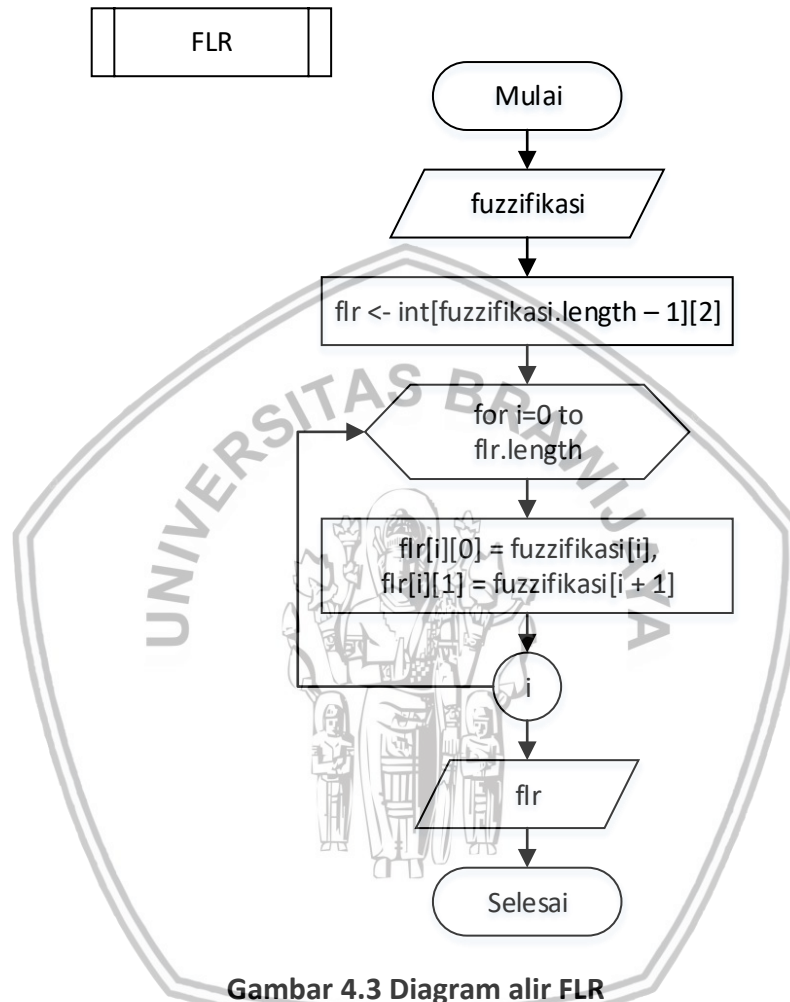


Gambar 4.2 Diagram alir fuzzifikasi

Pada tahap fuzzifikasi dilakukan proses penentuan nilai keanggotaan setiap data historis terhadap masing-masing himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan. Cara menentukannya yakni apabila data masuk ke dalam interval sub-himpunan ke i atau u_i , dengan syarat $\text{data_listrik}[i] > \text{min_max}[j][0]$ dan $\text{data_listrik}[i] \leq \text{min_max}[j][1]$ maka data tersebut akan masuk ke dalam

himpunan *fuzzy* ($j+1$) atau $A(j+1)$. Data masukan yang dibutuhkan ialah data daya listrik, dan batas minimal maksimal dari interval. Hasil keluarannya ialah *fuzzifikasi* setiap data daya listrik erdasarkan interval yang sesuai. Diagram alir *fuzzifikasi* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

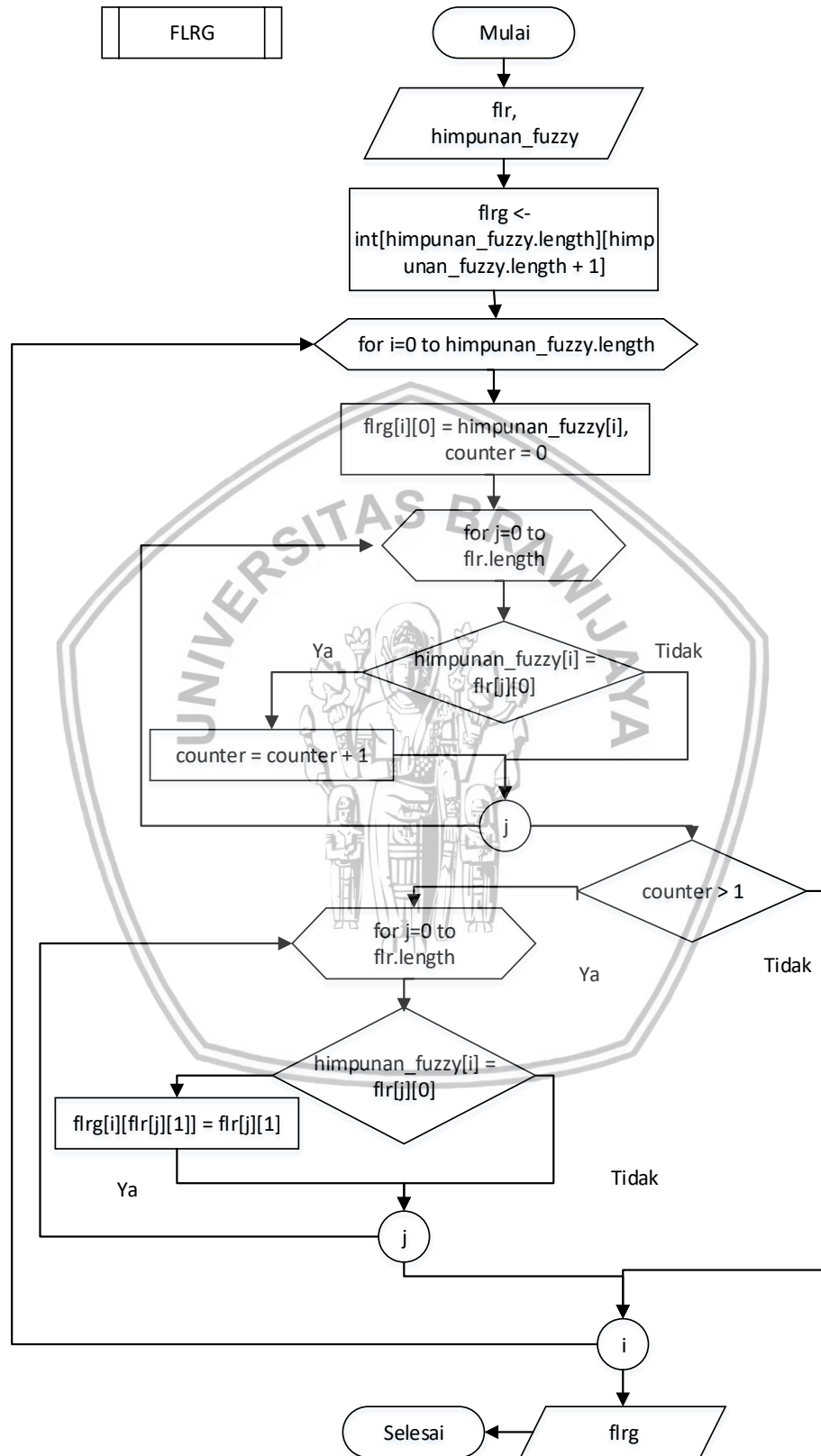
4.2.3 Fuzzy Logical Relationship



Gambar 4.3 Diagram alir FLR

Pada tahap *fuzzifikasi* dilakukan proses pementukan FLR berdasarkan pada hasil *fuzzifikasi*. Jika hasil dari *fuzzifikasi* tahun t dan $t+1$ adalah A_j dan A_k . Maka hasil FLR untuk setiap tahun secara berturut-turut dapat dibangun menjadi $A_j \rightarrow A_k$. Data masukan yang dibutuhkan ialah hasil *fuzzifikasi* pada tahap sebelumnya. Sedangkan hasil keluarannya ialah *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan hasil *fuzzifikasi* setiap data. Diagram alir FLR dapat dilihat pada Gambar 4.3.

4.2.4 Fuzzy Logical Relationship Group

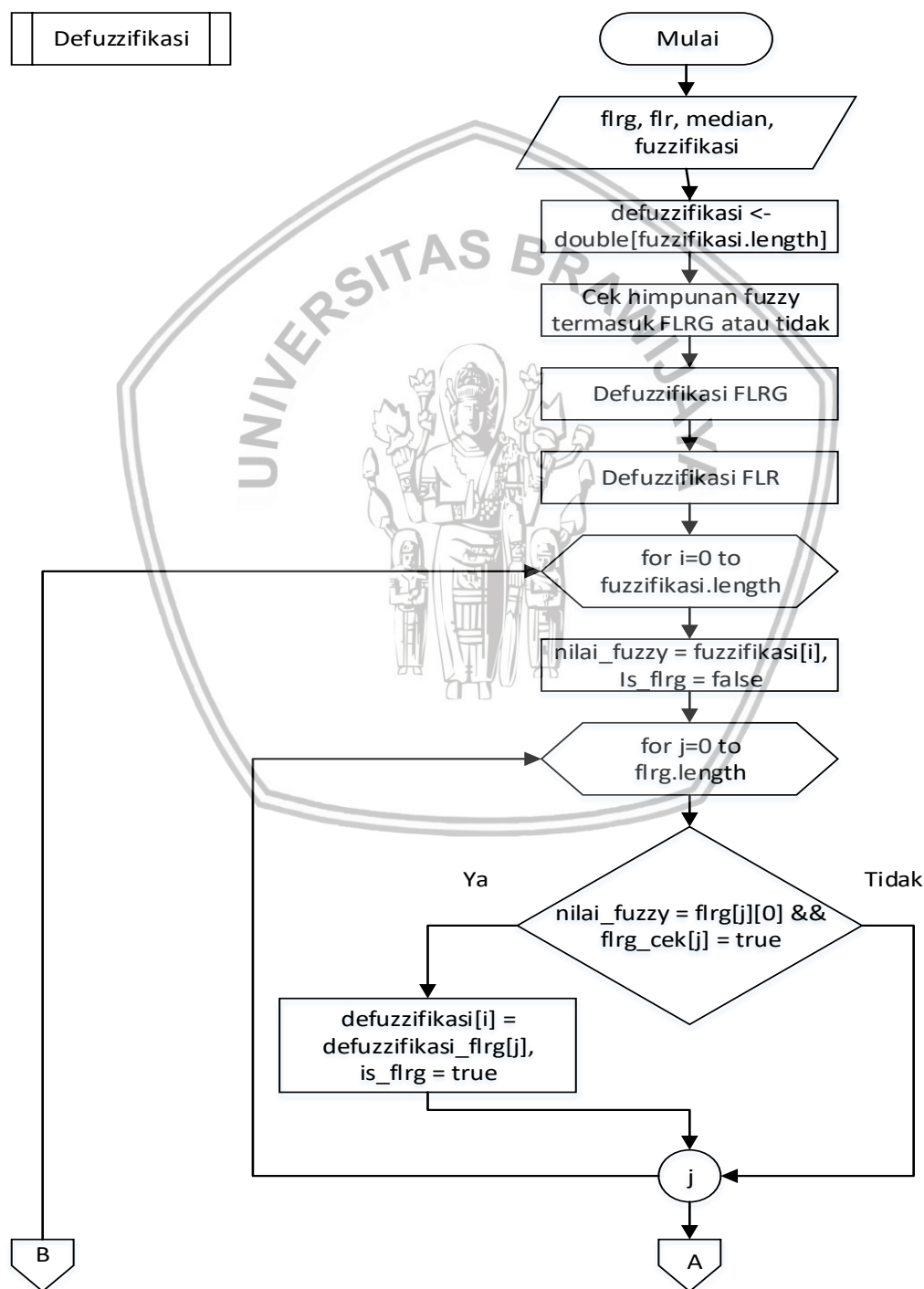


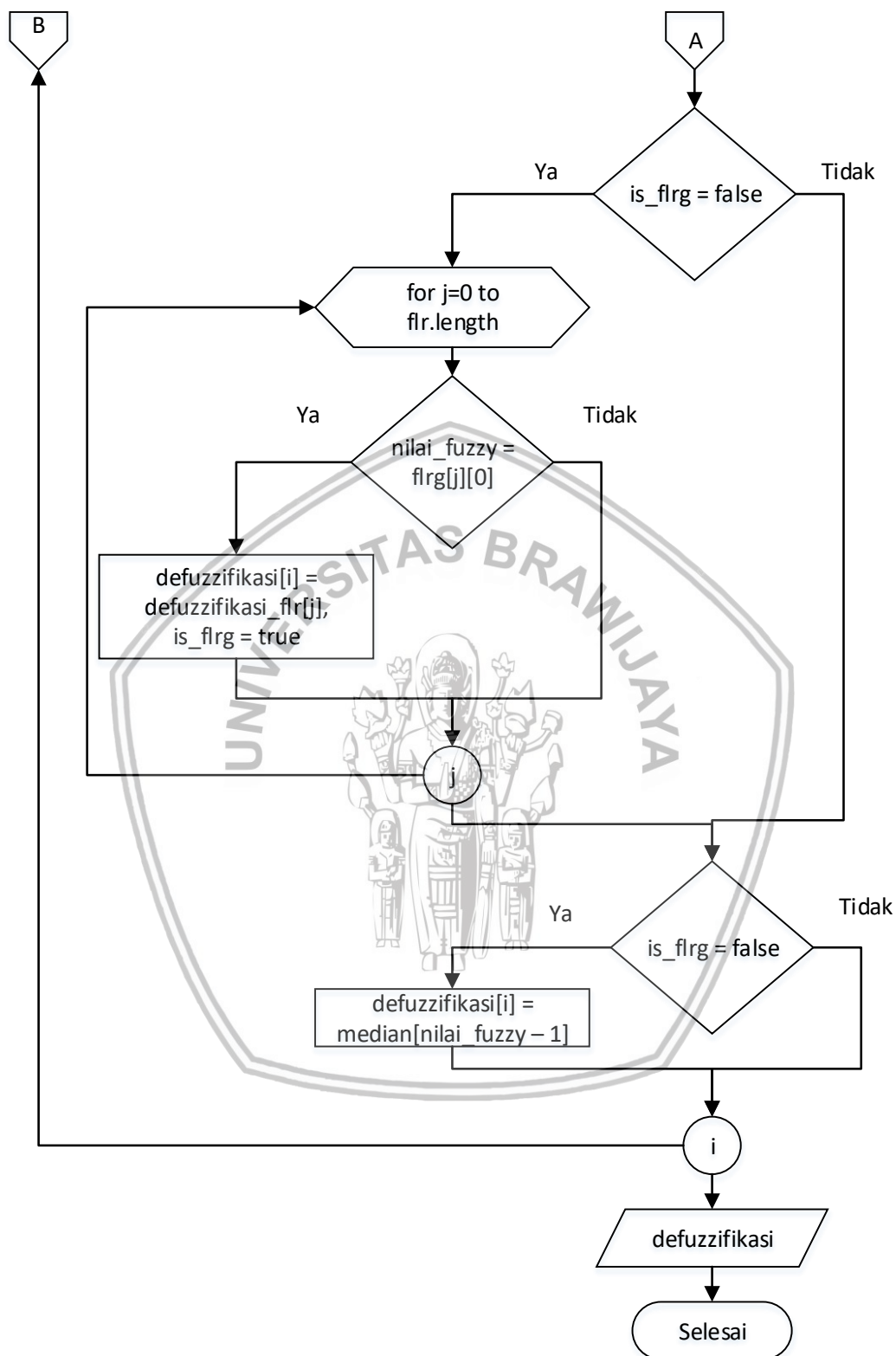
Gambar 4.4 Diagram alir FLRG

Pada tahap fuzzifikasi dilakukan proses pembentukan suatu FLRG berdasarkan *current state* pada *fuzzy logical relationship*, kemudian dilakukan pembagian FLR menjadi *fuzzy logical relationship group* (FLRG). Data masukan yang dibutuhkan ialah hasil fuzzifikasi dan himpunan *fuzzy* pada tahap sebelumnya. Sedangkan hasil keluarannya ialah *fuzzy logical relationship group* (FLRG) berdasarkan *current state* himpunan *fuzzy* yang sama. Diagram alir FLRG dapat dilihat pada Gambar 4.4.

4.2.5 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi



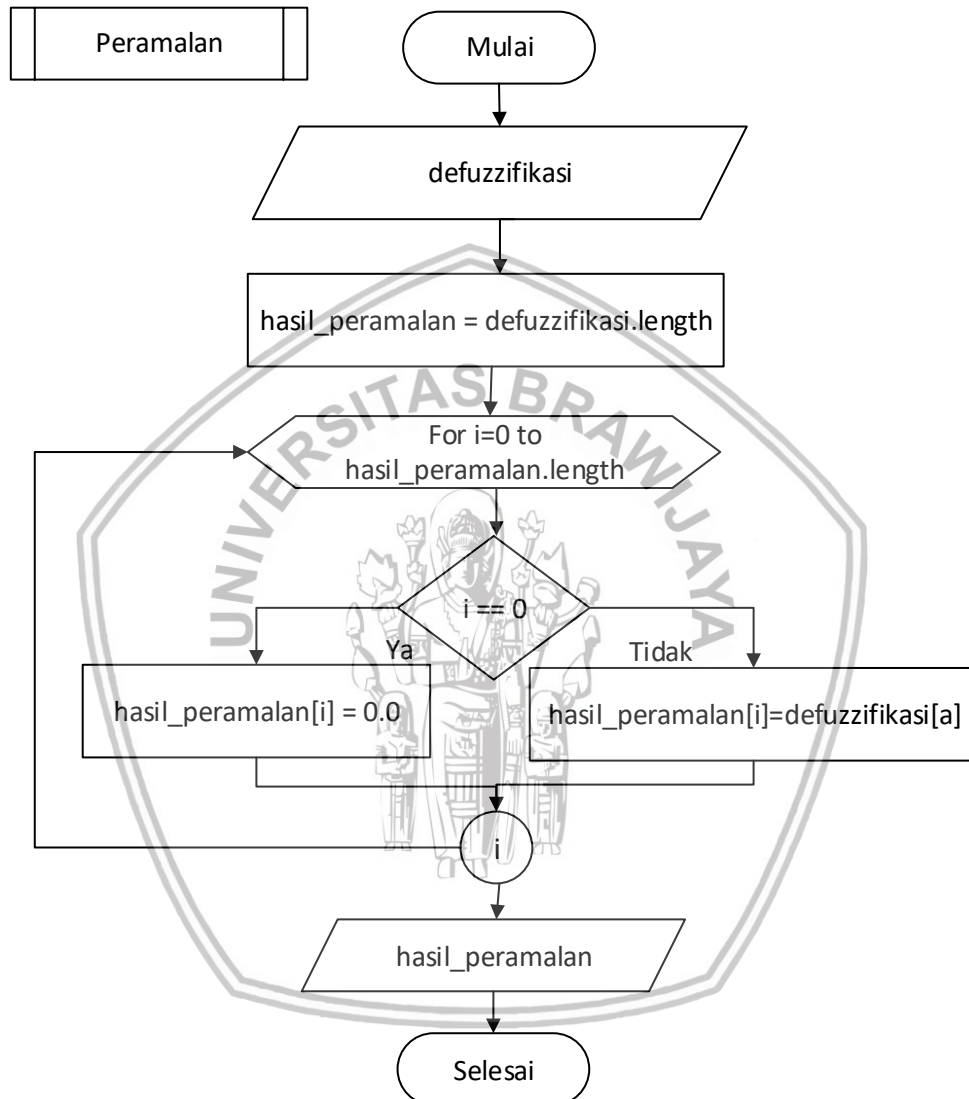


Gambar 4.5 Diagram alir defuzifikasi

Pada tahap fuzzifikasi dilakukan proses konversi setiap hasil *fuzzy logical relationship group* (FLRG) menjadi nilai real menggunakan perhitungan pembobotan nilai tengah/median. Data masukan yang dibutuhkan ialah hasil

FLRG, FLR, median dan fuzzifikasi pada tahap sebelumnya. Hasil keluaran ialah hasil defuzzifikasi setiap FRLG yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan nilai peramalan setiap data. Diagram alir defuzzifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.5.

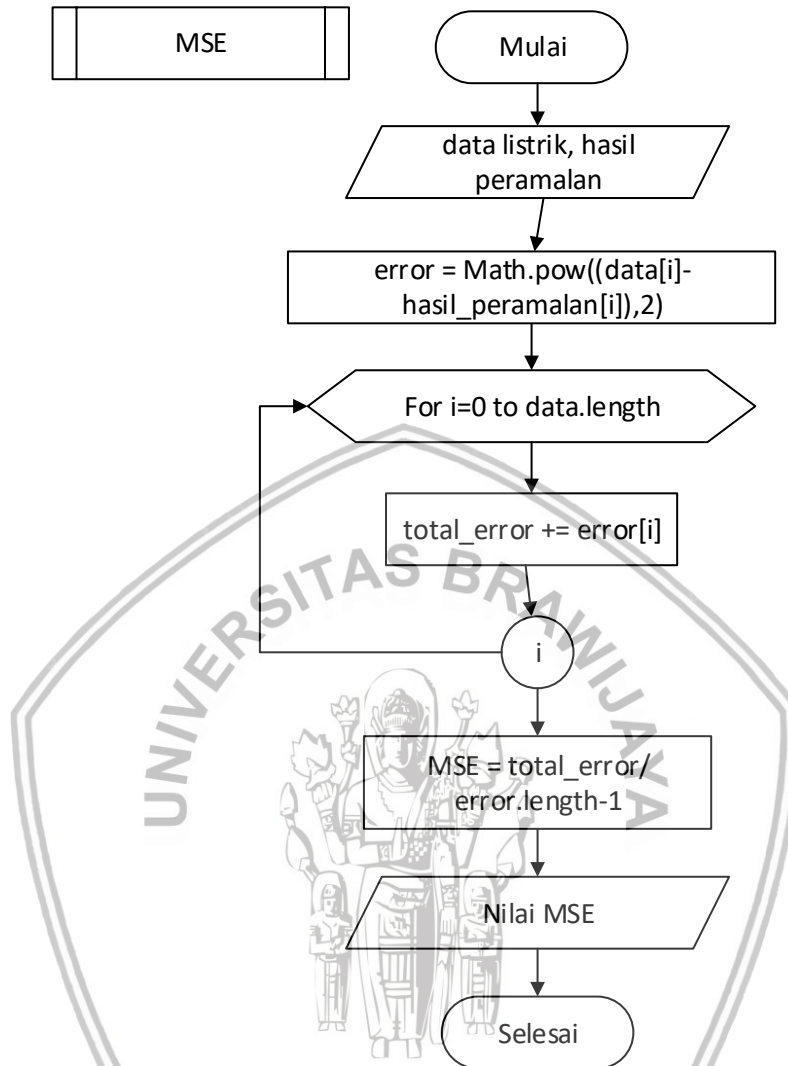
4.2.6 Peramalan



Gambar 4.6 Diagram alir peramalan

Pada tahap fuzzifikasi dilakukan proses konversi setiap hasil fuzzifikasi data menjadi nilai peramalan berdasarkan hasil defuzzifikasi. Peramalan untuk setiap data ke t mengacu pada hasil fuzzifikasi data ke $t-1$. Data masukan yang dibutuhkan ialah hasil defuzzifikasi pada tahap sebelumnya. Hasil keluaran ialah hasil peramalan untuk setiap data. Nilai peramalan selanjutnya akan digunakan untuk menentukan nilai *error*. Diagram alir peramalan dapat dilihat pada Gambar 4.6.

4.2.7 MSE



Gambar 4.7 Diagram alir perhitungan MSE

Pada tahap MSE dilakukan proses perhitungan nilai *error* untuk setiap data. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah nilai *error* dibagi dengan jumlah semua data. Data masukan yang dibutuhkan ialah data daya listrik dan hasil peramalan pada tahap sebelumnya. Hasil keluaran ialah nilai MSE untuk seluruh data. Diagram alir perhitungan MSE dapat dilihat pada Gambar 4.7.

4.3 Perhitungan Manualisasi dengan *Fuzzy Time Series*

Pada penelitian ini menggunakan metode *time series* untuk perkiraan listrik rumah tangga. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari PT PLN Area Pasuruan. Data aktual yang akan digunakan untuk proses peramalan terlihat seperti Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data aktual jumlah daya listrik PLN Area Pasuruan

No.	Periode	Tahun	Daya
1	Januari	2016	281748061
2	Februari	2016	266438425
3	Maret	2016	286854073
4	April	2016	279421210
5	Mei	2016	296184208
6	Juni	2016	287719680
7	Juli	2016	263554968
8	Agustus	2016	291420186
9	September	2016	286533566
10	Oktober	2016	296682488
11	Nopember	2016	295330052
12	Desember	2016	280660695
13	Januari	2017	288302064
14	Februari	2017	266181977
15	Maret	2017	294975094
16	April	2017	285473156
17	Mei	2017	307235791
18	Juni	2017	264317882
19	Juli	2017	295849041
20	Agustus	2017	295772650
21	September	2017	284018832
22	Oktober	2017	314741409

1. Mendefinisikan himpunan semesta atau *universe of discourse* dan membagi histori data menjadi *interval* dan menghitung titik tengah setiap *interval*. Langkah pertama untuk menentukan himpunan semesta adalah dengan mencari nilai D_{min} dan D_{max} dimana D_{min} merupakan data minimal sedangkan D_{max} merupakan data maksimal dari keseluruhan data dengan Persamaan (2.5).

$$D_1 = 3554968$$

$$D_2 = 5258591$$

$$D_{min} = 204673123$$

$$D_{max} = 314741409$$

$$\begin{aligned} U &= [D_{min}-D_1, D_{max}+D_2] \\ &= [263554968-3554968, 314741409+5258591] \\ &= [260000000, 320000000] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Interval &= (320000000 - 260000000)/7 \\ &= 8571428,57 \end{aligned}$$

- Selanjutnya membagi himpunan semesta menjadi 7 *interval* dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 Pembagian himpunan semesta menjadi 7 interval

No	Nilai Min	Nilai Max	Sub-semesta
1	260000000	268571428,57	U1
2	268571428,57	277142857,14	U2
3	277142857,14	285714285,71	U3
4	285714285,71	294285714,29	U4
5	294285714,29	302857142,86	U5
6	302857142,86	311428571,43	U6
7	311428571,43	320000000	U7

Setelah itu menghitung nilai tengah m_i untuk setiap *interval* u_i dengan $1 \leq i \leq 7$, sebagai contoh akan menghitung nilai m_1 maka batas atas pada u_1 ditambah batas bawah pada u_1 dan dikalikan dengan 0.5 maka diperoleh hasil $(260000000,00 + 268571428,57) \times 0,5 = 264285714,5$. Demikian seterusnya dilakukan perhitungan untuk m_2 sampai dengan m_7 dengan hasil keseluruhan ditunjukkan sebagai berikut:

$$m_1 = 264285714,5$$

$$m_2 = 272857143$$

$$m_3 = 281428571,5$$

$$m_4 = 290000000$$

$$m_5 = 298571428,5$$

$$m_6 = 307142857$$

$$m_7 = 315714285,5$$

- Membentuk himpunan *fuzzy* A_i , dimana $1 \leq i \leq n$, sehingga akan terbentuk himpunan *fuzzy* menggunakan Persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 + 0.5/u_7$$

$$A_7 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0.5/u_6 + 1/u_7$$

Pemberian nilai keanggotaan untuk setiap himpunan sesuai dengan ketentuan pada *fuzzy time series*. Sebagai contoh nilai keanggotaan himpunan A_1 terhadap interval u_1 bernilai 1, untuk nilai sebelah kanan dan kiri himpunan tersebut bernilai 0.5 dan selainnya bernilai 0.

4. Berdasarkan himpunan *fuzzy* pada langkah sebelumnya, maka data beban listrik dapat dilakukan proses *fuzzifikasi*. Sebagai contoh data pada bulan Februari adalah 266438425 maka pada tahun tersebut terletak pada *interval* $u_1=[260000000,268571428,57]$ sehingga data pada bulan februari *difuzzifikasi* ke dalam A_1 menjadi Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil fuzzifikasi

Periode	Tahun	Daya	Fuzzifikasi
Januari	2016	281748061	A3
Februari	2016	266438425	A1
Maret	2016	286854073	A4
April	2016	279421210	A3
Mei	2016	296184208	A5
Juni	2016	287719680	A4
Juli	2016	263554968	A1
Agustus	2016	291420186	A4
September	2016	286533566	A4
Oktober	2016	296682488	A5
Nopember	2016	295330052	A5
Desember	2016	280660695	A3
Januari	2017	288302064	A4
Februari	2017	266181977	A1
Maret	2017	294975094	A5
April	2017	285473156	A3
Mei	2017	307235791	A6
Juni	2017	264317882	A1
Juli	2017	295849041	A5
Agustus	2017	295772650	A5
September	2017	284018832	A3
Oktober	2017	314741409	A7

5. Membangun *fuzzy logical relationship*. Sebagai contoh berdasarkan hasil fuzzifikasi pada bulan Februari tahun 2016 dan bulan Maret tahun 2016 berturut turut adalah A_1 dan A_4 . Maka *fuzzy logical relationship* yang dibangun pada bulan Februari tahun 2016 adalah " $A_1 \rightarrow A_4$ ". Dengan A_1 merupakan *current state* dan A_4 merupakan *next state*. Tabel 4.4 menunjukkan hasil *fuzzy logical relationship* beban listrik Area Pasuruan.

Tabel 4.4 Fuzzy logical relationship

A3 -> A1
A1 -> A4
A4 -> A3
A3 -> A5
A5 -> A4
A4 -> A1
A1 -> A4
A4 -> A4
A4 -> A5
A5 -> A5
A5 -> A3
A3 -> A4
A4 -> A1
A1 -> A5
A5 -> A3
A3 -> A6
A6 -> A1
A1 -> A5
A5 -> A5
A5 -> A3
A3 -> A7
A7 -> -

6. Membangun *fuzzy logical relationship group* dari hasil *fuzzy logical relationship*. Sebagai contoh, *fuzzy logical relationship group* pada Group 1 " $A_1 \rightarrow A_4, A_5$ " hal ini dikarenakan *current state* yang dimiliki A_1, A_4 dan A_5 adalah sama yakni A_1 . Dengan *fuzzy logical relationship* sebagai berikut:

Tabel 4.5 Fuzzy logical relationship group

Grup 1	$A_1 \rightarrow A_4, A_5$
Grup 2	$A_3 \rightarrow A_1, A_4, A_5, A_6, A_7$
Grup 3	$A_4 \rightarrow A_1, A_3, A_4, A_5$
Grup 4	$A_5 \rightarrow A_3, A_4, A_5$
Grup 5	$A_6 \rightarrow A_1$

7. Menghitung nilai peramalan. Pada langkah ini dilakukan peramalan menggunakan aturan pada langkah 6. Sebagai contoh saat akan dilakukan peramalan pada bulan Juni 2017, maka melihat hasil fuzzifikasi pada bulan sebelumnya yakni bulan Mei 2017, berdasarkan Tabel 4.3. Nilai fuzzifikasi pada bulan Juni 2017 adalah A_6 , dan berdasarkan Tabel 4.5 hasil *fuzzy logical relationship* Group 5 yakni $A_6 \rightarrow A_1$. Maka nilai

peramalan pada bulan Juni 2017 adalah titik tengah dari A_1 , karena $u_1 = [260000000, 268571429]$ dan nilai tengah dari u_1 adalah 264285714,5 maka hasil peramalan bulan Juni 2017 adalah 264285714,5. Sebagai contoh lagi akan dilakukan peramalan pada bulan November 2016, berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan hasil fuzzifikasi A_5 . Dari Tabel 4.5 didapatkan hasil " $A_5 \rightarrow A_3, A_4, A_5$ " pada Group 4. Maka peramalan pada bulan November 2016 menggunakan Persamaan (2.7) adalah sebagai berikut:

$$\frac{281428571.5 + 290000000 + 298571428.5}{3} = 290000000$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan hasil peramalan 290000000 pada bulan November 2016. Dengan cara yang sama maka dapat dilakukan peramalan untuk bulan Januari 2017 dengan melihat pada bulan sebelumnya yakni bulan Oktober 2017 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil Peramalan

Periode	Tahun	Daya	Peramalan
Januari	2016	281748061	-
Februari	2016	266438425	295142857,10
Maret	2016	286854073	294285714,25
April	2016	279421210	283571428,63
Mei	2016	296184208	295142857,10
Juni	2016	287719680	290000000,00
Juli	2016	263554968	283571428,63
Agustus	2016	291420186	294285714,25
September	2016	286533566	283571428,63
Oktober	2016	296682488	283571428,63
Nopember	2016	295330052	290000000,00
Desember	2016	280660695	290000000,00
Januari	2017	288302064	295142857,10
Februari	2017	266181977	283571428,63
Maret	2017	294975094	294285714,25
April	2017	285473156	290000000,00
Mei	2017	307235791	295142857,10
Juni	2017	264317882	264285714,50
Juli	2017	295849041	294285714,25
Agustus	2017	295772650	290000000,00
September	2017	284018832	290000000,00
Oktober	2017	314741409	295142857,10

8. Menghitung nilai kesalahan. Berdasarkan hasil peramalan pada Tabel 4.6, yang dilakukan pada 22 data beban listrik maka nilai peramalan selanjutnya akan digunakan untuk mendapatkan nilai kesalahan sesuai dengan Persamaan (2.8) sebagai berikut:

Tabel 4.7 Perhitungan nilai kesalahan peramalan

Periode	Tahun	Daya	Peramalan	Nilai Kesalahan
Januari	2016	281,748,061	-	-
Februari	2016	266,438,425	295142857,10	823944422183512,00
Maret	2016	286,854,073	294285714,25	55229291668701,60
April	2016	279,421,210	283571428,63	17224314635296,90
Mei	2016	296,184,208	295142857,10	1084411696930,76
Juni	2016	287,719,680	290000000,00	5199859302400,00
Juli	2016	263,554,968	283571428,63	400658695952175,00
Agustus	2016	291,420,186	294285714,25	8211252151548,06
September	2016	286,533,566	283571428,63	8774257828371,89
Oktober	2016	296,682,488	283571428,63	171899877934775,00
Nopember	2016	295,330,052	290000000,00	28409454322704,00
Desember	2016	280,660,695	290000000,00	87222617883025,00
Januari	2017	288,302,064	295142857,10	46796450237007,90
Februari	2017	266,181,977	283571428,63	302393027818215,00
Maret	2017	294,975,094	294285714,25	475244439710,06
April	2017	285,473,156	290000000,00	20492316600336,00
Mei	2017	307,235,791	295142857,10	146239050309769,00
Juni	2017	264,317,882	264285714,50	1034748056,25
Juli	2017	295,849,041	294285714,25	2443990527265,56
Agustus	2017	295,772,650	290000000,00	33323488022500,00
September	2017	284,018,832	290000000,00	35774370644224,00
Oktober	2017	314,741,409	295142857,10	384103236576993,00
MSE				122852412642072

9. Untuk melihat keakuratan hasil peramalan dalam bentuk persentase, digunakan perhitungan nilai kesalahan menggunakan MAPE sebagai pembandingan dari hasil MSE. Perhitungan nilai kesalahan MAPE menggunakan Persamaan (2.9) pada penjelasan bab sebelumnya. Perbandingan ini dilakukan karena kemampuan peramalan akan sangat baik jika MAPE yang dimiliki kurang dari 10% dan akan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20%. Berikut hasil perhitungan menggunakan MSE dan MAPE.

Tabel 4.8 Perbandingan nilai kesalahan antara MSE dengan MAPE

Aktual	Ramalan	Square of Error (MSE)	% Error (MAPE)
281748061	-	-	-
266438425	295142857.10	823944422183512.00	11%
286854073	294285714.25	55229291668701.60	3%
279421210	283571428.63	17224314676799.00	1%
296184208	295142857.10	1084411696930.76	0%
287719680	290000000.00	5199859302400.00	1%
263554968	283571428.63	400658696152340.00	8%
291420186	294285714.25	8211252151548.06	1%
286533566	283571428.63	8774257798750.54	1%
296682488	283571428.63	171899877803665.00	4%
295330052	290000000.00	28409454322704.00	2%
280660695	290000000.00	87222617883025.00	3%
288302064	295142857.10	46796450237007.90	2%
266181977	283571428.63	302393027992109.00	7%
294975094	294285714.25	475244439710.06	0%
285473156	290000000.00	20492316600336.00	2%
307235791	295142857.10	146239050309769.00	4%
264317882	264285714.50	1034748056.25	0%
295849041	294285714.25	2443990527265.56	1%
295772650	290000000.00	33323488022500.00	2%
284018832	290000000.00	35774370644224.00	2%
314741409	295142857.10	384103236576993.00	6%
Total		2579900665738350.00	61%
MSE		122852412654207.00	
MAPE		5%	

4.4 Perancangan Skenario Pengujian

Pada sub bab perancangan pengujian akan dilakukan pengujian terhadap hasil peramalan. Pengujian algoritme dilakukan melalui tahapan pengujian jumlah *fuzzy set*. Pengujian jumlah *fuzzy set* dilakukan dengan membandingkan sejumlah nilai *fuzzy set* yang berbeda untuk menghasilkan *MSE* terkecil.

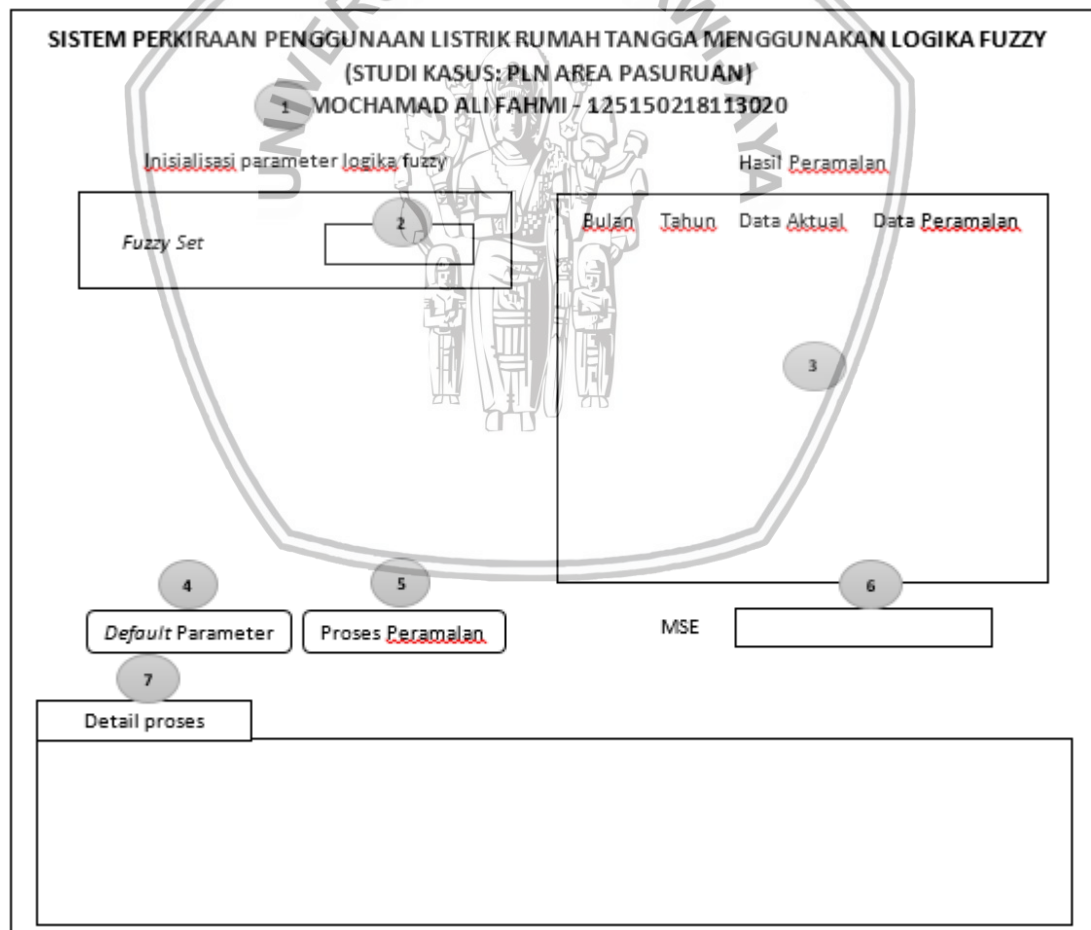
4.4.1 Skenario pengujian jumlah *fuzzy set*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran *fuzzy set* yang akan menghasilkan interval paling optimal pada *fuzzy time series*. Pengujian ini akan dilakukan sebanyak 10 kali mulai dari 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 sampai dengan 16. Rancangan pengujian jumlah *fuzzy set* ditunjukkan pada Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Rancangan pengujian jumlah *fuzzy set*

Jumlah <i>Fuzzy set</i>	Nilai percobaan MSE
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

4.5 Perancangan antarmuka



Gambar 4.8 Rancangan antarmuka

Perancangan *user interface* dapat dilihat pada Gambar 4.8 dengan keterangan sebagai berikut:

1. *Title* untuk menampilkan judul program yang dibuat
2. *TextField* untuk memasukkan jumlah *fuzzy set*
3. *Table* untuk menampilkan bulan, data aktual dan data peramalan
4. *Button* untuk memasukkan nilai *default* ke *TextField*
5. *Button* untuk menampilkan hasil peramalan
6. *TextField* untuk menampilkan nilai MSE
7. *Table* untuk untuk menampilkan detail hasil terbaik dari proses logika *fuzzy*

4.6 Penarikan Kesimpulan

Proses penarikan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan seperti, perancangan, implementasi dan pengujian selesai dilakukan. Kesimpulan dihasilkan dari proses analisis pada sistem yang telah dibuat. Setelah mendapatkan suatu kesimpulan, maka dapat dibuat suatu saran terhadap sistem. Saran tersebut berupa perbaikan terhadap sistem dan memberikan suatu masukan agar sistem yang telah dibuat dapat dilakukan pengembangan lanjut

BAB 5 IMPLEMENTASI

5.1 Implementasi program

5.1.1 Implementasi proses menentukan himpunan semesta dan interval

Proses pertama pada *fuzzy time series* diawali dengan menentukan himpunan semesta dan interval. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.1 sebagai berikut:

```

1  public void cari_maxmin_data(double data[]){
2      this.data_max = data[0];
3      this.data_min = data[0];
4
5      for (int i=0; i < data.length; i++){
6          if (data[i] > this.data_max){
7              this.data_max = data[i];
8          }
9          if (data[i] < this.data_min){
10             this.data_min = data[i];
11         }
12     }
13 }
14
15 public void hitung_interval(double batas_bawah, double
16 batas_atas, int panjang_interval){
17     this.interval = Math.round(((batas_atas - batas_bawah) /
18         panjang_interval));
19 }
20
21 public void hitung_min_max(double batas_bawah, double
22 interval, int panjang_interval){
23     this.min_max = new double[panjang_interval][2];
24     this.sub_semesta = new String[panjang_interval];
25     this.himpunan_fuzzy = new int[panjang_interval];
26
27     for (int i = 0; i < this.min_max.length; i++) {
28         if (i == 0) {
29             this.min_max[i][0] = batas_bawah;
30             this.min_max[i][1] = this.min_max[i][0] + interval;
31             this.sub_semesta[i] = "U" + (i + 1);
32             this.himpunan_fuzzy[i] = (i + 1);
33         } else {
34             this.min_max[i][0] = this.min_max[i - 1][1];
35             this.min_max[i][1] = this.min_max[i][0] + interval;
36             this.sub_semesta[i] = "U" + (i + 1);
37             this.himpunan_fuzzy[i] = (i + 1);
38         }
39     }
40 }

```

Kode Program 5.1 Implementasi proses menentukan himpunan semesta dan interval

5.1.2 Implementasi proses nilai tengah

Selanjutnya adalah proses untuk mendapatkan nilai tengah dari interval. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.2 sebagai berikut:

```

1 public void hitung_median(double min_max[][], int
2   panjang_interval) {
3     this.median = new double[panjang_interval];
4
5     for (int i = 0; i < min_max.length; i++) {
6       this.median[i] = (min_max[i][0] + min_max[i][1]) / 2;
7     }
8   }

```

Kode Program 5.2 Implementasi proses nilai tengah

5.1.3 Implementasi proses fuzzifikasi

Selanjutnya adalah proses *fuzzifikasi history* data. Pada proses ini setiap data dilakukan perubahan menjadi himpunan *fuzzy*. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.3 sebagai berikut:

```

1 public void fuzzyfikasi(double data_listrik[], double
2   min_max[][]) {
3     this.fuzzyfikasi = new int[data_listrik.length];
4
5     for (int i = 0; i < data_listrik.length; i++) {
6       int temp_fuzzyfikasi = 0;
7       for (int j = 0; j < min_max.length; j++) {
8         if ((data_listrik[i] > min_max[j][0]) &&
9           (data_listrik[i] <= min_max[j][1])) {
10            temp_fuzzyfikasi = (j + 1);
11          }
12        }
13        this.fuzzyfikasi[i] = temp_fuzzyfikasi;
14      }
15    }

```

Kode Program 5.3 Implementasi proses fuzzifikasi

5.1.4 Implementasi proses *fuzzy logical relationship*

Selanjutnya adalah proses pembentukan relasi atau *fuzzy logical relationship*. Pada proses ini hasil setiap *fuzzifikasi* pada langkah sebelumnya dilakukan perubahan menjadi sebuah relasi. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.4 sebagai berikut:

```

1 public void cari_FLR(int fuzzyfikasi[]) {
2   this.flr = new int[fuzzyfikasi.length - 1][2];
3
4   for (int i = 0; i < this.flr.length; i++) {
5     this.flr[i][0] = fuzzyfikasi[i];
6     this.flr[i][1] = fuzzyfikasi[i + 1];
7   }
8 }

```

Kode Program 5.4 Implementasi proses *fuzzy logical relationship*

5.1.5 Implementasi proses *fuzzy logical relationship group*

Selanjutnya adalah proses pembentukan relasi grup atau *fuzzy logical relationship group*. Pada proses ini hasil *fuzzy logical relationship* pada langkah sebelumnya dilakukan perubahan menjadi relasi grup berdasarkan nilai *current state* yang sama. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.5 sebagai berikut:

```

1 public void cari_FLRG(int flr[][], int himpunan_fuzzy[]) {
2     this.flrg = new int[himpunan_fuzzy.length]
3         [himpunan_fuzzy.length + 1];
4     int counter;
5
6     for (int i = 0; i < himpunan_fuzzy.length; i++) {
7         this.flrg[i][0] = himpunan_fuzzy[i];
8         counter = 0;
9
10        for (int j = 0; j < flr.length; j++) {
11            if (himpunan_fuzzy[i] == flr[j][0]) {
12                counter++;
13            }
14        }
15
16        if (counter > 1) {
17            for (int j = 0; j < flr.length; j++) {
18                if (himpunan_fuzzy[i] == flr[j][0]) {
19                    this.flrg[i][flr[j][1]] = flr[j][1];
20                }
21            }
22        }
23    }
24 }

```

Kode Program 5.5 Implementasi proses *fuzzy logical relationship group*

5.1.6 Implementasi proses defuzzifikasi

Selanjutnya adalah proses pembentukan *defuzzifikasi*. Pada proses ini hasil *fuzzy logical relationship group* pada langkah sebelumnya dihitung menjadi nilai peramalan. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.6 sebagai berikut:

```

1 public void defuzzyfikasi(int flrg[][], int flr[][],
2 double median[], int fuzzyfikasi[]) {
3     this.defuzzyfikasi = new double[fuzzyfikasi.length];
4     this.flrg_cek = check_FLRG(flrg);
5     double defuzzyfikasi_flrg[] = def_flrg(flrg, median);
6     double defuzzyfikasi_flr[] = def_flr(flr, median);
7
8     for (int i = 0; i < fuzzyfikasi.length; i++) {
9         int nilai_fuzzy = fuzzyfikasi[i];
10        boolean is_flrg = false;
11        for (int j = 0; j < flrg.length; j++) {
12            if ((nilai_fuzzy == flrg[j][0]) && (this.flrg_cek[j]
13                == true)) {
14                this.defuzzyfikasi[i] = defuzzyfikasi_flrg[j];
15                is_flrg = true;
16                break;

```

```

17     }
18     }
19     if (is_flg == false) {
20         for (int j = 0; j < flr.length; j++) {
21             if (nilai_fuzzy == flr[j][0]) {
22                 this.defuzzyfikasi[i] = defuzzyfikasi_flr[j];
23                 is_flg = true;
24                 break;
25             }
26         }
27     }
28     if (is_flg == false) {
29         this.defuzzyfikasi[i] = median[nilai_fuzzy - 1];
30     }
31 }
32 }

```

Kode Program 5.6 Implementasi proses defuzzifikasi

5.1.7 Implementasi proses peramalan

Selanjutnya adalah proses peramalan. Pada proses ini hasil *defuzzifikasi* pada langkah sebelumnya diimplementasikan sebagai nilai peramalan berdasarkan nilai *fuzzifikasi*. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.7 sebagai berikut:

```

1 public void peramalan(double defuzzyfikasi[]) {
2     this.hasil_peramalan = new double[defuzzyfikasi.length +
3     1];
4     int a = 0;
5
6     for (int i = 0; i < hasil_peramalan.length; i++) {
7         if (i == 0) {
8             this.hasil_peramalan[i] = 0.0;
9         } else {
10            this.hasil_peramalan[i] = defuzzyfikasi[a];
11            a++;
12        }
13    }
14 }

```

Kode Program 5.7 Implementasi proses peramalan

5.1.8 Implementasi proses perhitungan nilai kesalahan

Selanjutnya adalah proses perhitungan nilai kesalahan. Proses ini dilakukan dengan mengurangi nilai hasil peramalan pada proses sebelumnya dengan nilai data aktual. Implementasi proses tersebut ditunjukkan pada Kode Program 5.8 sebagai berikut:

```
1 public void hitung_error(double hasil_peramalan[], double
2 data[]) {
3     this.error = new double[hasil_peramalan.length - 1];
4
5     for (int i = 0; i < this.error.length; i++) {
6         if (i == 0) {
7             this.error[i] = 0.0;
8         } else {
9             this.error[i] = Math.pow((data[i]-hasil_peramalan[i]),
10                2);
11         }
12     }
13 }
14 public void hitung_MSE(double error[]) {
15     double tot_error = 0.0;
16
17     for (int i = 0; i < error.length; i++) {
18         tot_error += error[i];
19     }
20     if (tot_error == 0.0) {
21         this.mse = 0.0;
22     } else {
23         this.mse = tot_error / (error.length - 1);
24     }
25 }
```

Kode Program 5.8 Implementasi proses perhitungan nilai kesalahan

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis diutuhkan untuk mengetahui seerapa baik sistem berjalan untuk melakukan perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan logika *fuzzy*. Pada ini akan diuraikan tentang skenario pengujian jumlah *fuzzy set*.

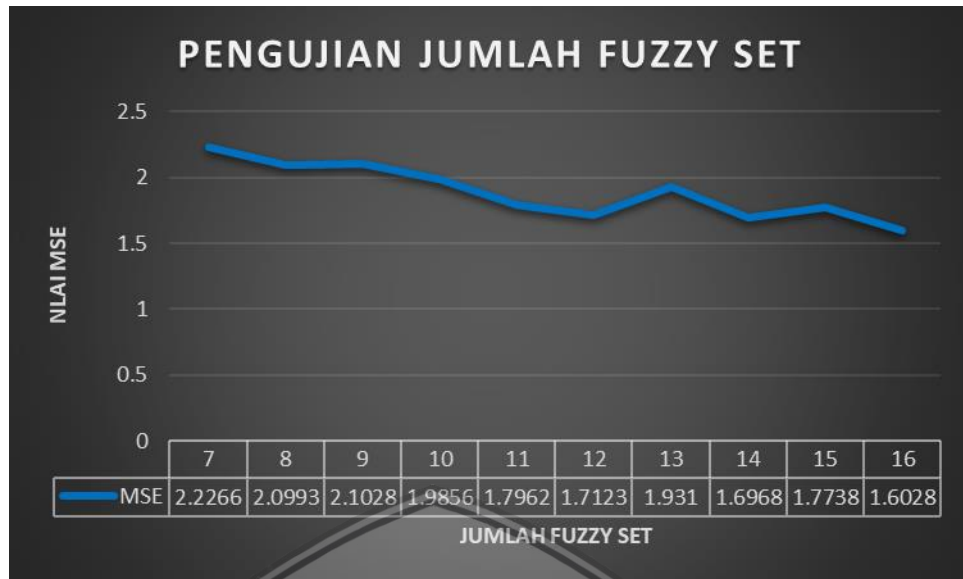
6.1 Hasil dan analisis perbandingan jumlah fuzzy set

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran *fuzzy set* yang akan menghasilkan interval paling optimal pada *fuzzy time series*. Pengujian ini telah dilakukan sebanyak 10 kali dimulai dari 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 sampai dengan 16. Rancangan pengujian jumlah *fuzzy set* ditunjukkan pada Tabel 6.1 sebagai berikut:

Tabel 6.1 Hasil MSE pada pengujian jumlah fuzzy set

Jumlah Fuzzy set	MSE
7	2226625523
8	2099263935
9	2102787714
10	1985605266
11	1796224194
12	1712346132
13	1930988025
14	1696756318
15	1773819803
16	1602823095

Berdasarkan Tabel 6.1, hasil pengujian dengan MSE terbesar didapatkan pada *fuzzy set* sejumlah 7. Jumlah *fuzzy set* yang semakin banyak atau semakin sedikit belum tentu memberikan nilai MSE yang semakin kecil. Hal ini dikarenakan jumlah *fuzzy set* mempengaruhi hasil proses pembagian interval. Sehingga akan mempengaruhi hasil akhir perkiraan atau peramalan karena digunakan nilai titik tengah interval pada proses peramalan. Jika dilihat dari kondisi data, sejumlah 70 data ternyata memberikan nilai MSE terkecil pada jumlah *fuzzy set* 16. Dari hasil tersebut di dapatkan nilai MAPE sebesar 3,84% dengan perhitungan detail pada lampiran. Berdasarkan hasil tersebut, terbukti peramalan memiliki kemampuan sangat baik karena memiliki MAPE kurang dari 10% (Margi & Pendawa, 2015).



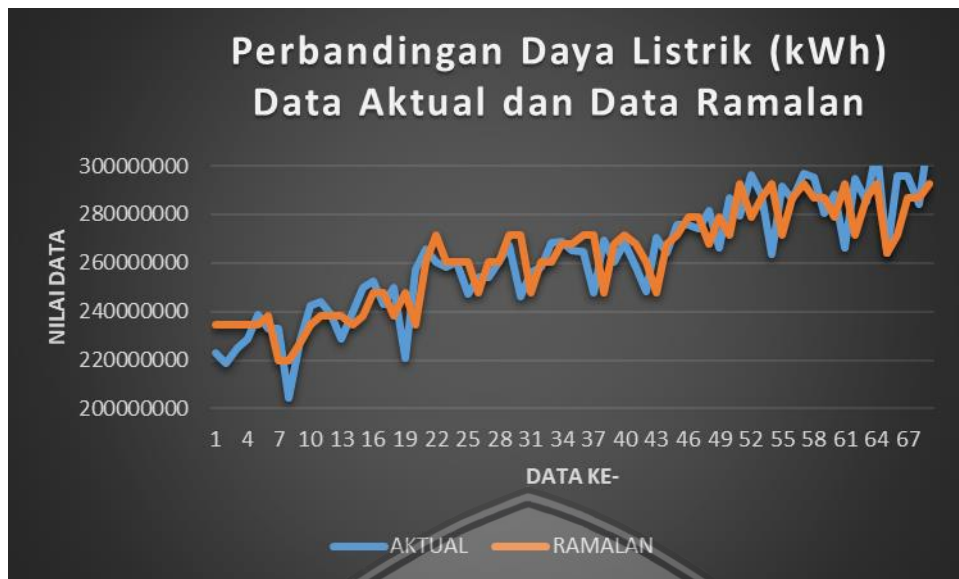
Gambar 6.1 Grafik hasil pengujian jumlah *fuzzy set*

Jika *fuzzy set* lebih kecil dari 16 maka *range* interval akan terlalu besar dan data dengan selisih yang besar akan berada dalam satu interval yang sama, sehingga berdampak pada nilai MSE yang lebih besar dibandingkan jumlah *fuzzy set* 16 seperti pada grafik dengan banyak *fuzzy set* 7 dan 13. Dengan demikian, jumlah *fuzzy set* berdampak pada keberadaan data dalam interval dan mempengaruhi hasil perkiraan.

Pada pengujian ini 7 *fuzzy set* digunakan sebagai nilai awal karena dalam beberapa penelitian jumlah tersebut memberikan hasil kesalahan terkecil dibandingkan metode *fuzzy time series* lainnya. Hal ini dibuktikan dengan penelitian oleh Cheng *et al* (2007), Stevenson (2009) dan Cheng *et al* (2015). Dan seperti yang terlihat pada Grafik 6.1 hasil pengujian dengan mulai dari 11 *fuzzy set* memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh, sehingga jumlah *fuzzy set* yang digunakan hanya sebanyak 16. Pada kasus tertentu, kenaikan jumlah *fuzzy set* dari 5 menjadi 9 akan mengakibatkan penurunan rata-rata nilai kesalahan lebih dari 25% (Sah & Degtiarev, 2005).

6.2 Hasil analisis global

Berdasarkan analisis dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa permasalahan peramalan menggunakan logika *fuzzy* menghasilkan MSE terkecil pada jumlah *fuzzy set* 16. Dapat dilihat bahwa hasil data ramalan menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu jauh dengan *history* data aktual (selisih dhasil peramalan dengan data aktual kecil). Grafik hasil perbandingan data aktual dan data ramalan penggunaan listrik rumah tangga dapat dilihat pada Gambar 6.2 sebagai berikut:



Gambar 6.2 Grafik perbandingan daya listrik data aktual dan data ramalan



BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan hasil pengujian yang sesuai dengan rumusan masalah antara lain:

1. Metode *logika fuzzy* dapat diterapkan dalam permasalahan perkiraan penggunaan listrik rumah tangga. Dalam penerapannya, diawali dengan penentuan himpunan semesta dan interval. Kemudian dilakukan pembentukan himpunan *fuzzy*. Langkah terakhir yakni melakukan pengujian terhadap jumlah fuzzy set sehingga ditemukan pembagian interval yang optimal dengan nilai kesalahan paling rendah.
2. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian akurasi didapatkan nilai parameter terbaik dengan hasil nilai MSE terendah sebesar 1,602823095 dan MAPE 3,84%. Pengujian yang dilakukan mendapatkan jumlah fuzzy set terbaik pada nilai 16, sedangkan nilai terburuk sejumlah 7 fuzzy set.

7.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, adapun saran yang dapat diberikan setelah menyelesaikan penelitian ini diantaranya:

1. Dalam penelitian ini tidak digunakan metode optimasi untuk menentukan jumlah *fuzzy set* dan rentang interval. Untuk itu, diharapkan adanya metode tertentu untuk melakukan optimasi terhadap jumlah *fuzzy set* dan interval agar mendapatkan hasil yang lebih optimal pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggodo, Y. P. & Mahmudy, W. F., 2016. *Peramalan Butuhan Hidup Minimum Menggunakan Automatic Clustering dan Fuzzy Logical Relationship*. s.l.:Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK).
- Buffa, S., Elwood, Rakesh & K, S., 1996. *Modern Production and Operation Management*. Eight Edition penyunt. s.l.:John Willey and Son Inc. London.
- Cai, Q., Zhang, D., Wu, B. & Leung, S. C., 2013. A novel stock forecasting model based on fuzzy time series and genetic algorithm. *Procedia Computer Science*, pp. 1155-1162.
- Cheng, S. H., Chen, S. M. & Jian, W. S., 2016. *Fuzzy time series forecasting based on fuzzy logical relationships and similarity measures*. 272-287 penyunt. s.l.:Information Science.
- Chen, S. M., 1996. Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series. *Fuzzy Sets and System*, Volume 81, pp. 311-319.
- Chen, S. M., Wang, N. Y. & Pan, J. S., 2009. *Forecasting enrollments using automatic clustering techniques and fuzzy*. s.l.:Expert Systems with Applications.
- Dewi, I. A. M. C., Nnatha, I. M. A. & Suksmadana, I. M. B., 2016. Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Pada Sistem Kelistrikan Lombok Dengan Fuzzy Time Series (FTS). *Dielektrika*, Volume 3, pp. 45-52.
- Handoko, B., 2010. Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek pada Sistem Kelistrikan Jawa Timur dan Bali Menggunakan Fuzzy Time Series. *Undergraduated Thesis, Electrical Engineering, RSE*.
- Jumingan, 2009. *Studi Kelayakan Bisnis-Teori dan Pembuatan Proposal Kelayakan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Kadir, A., 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Kusumadewi, S., 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Pertama penyunt. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H., 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Sistem Pendukung Keputusan*. Kedua penyunt. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Makridakis, S. et al., 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Kedua penyunt. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Margi, K. & Pendawa, S., 2015. Analisa Dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan Pada Periode Tertentu (Studi Kasus : PT. Media Cemara Kreasi). *Prosiding SNATIF*.
- Marsudi, D., 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha ilmu. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pasuruan, B. P. S. K., 2014. *Kota Pasuruan Dalam Angka*, Indonesia: s.n.

- Qiu, W., Zang, P. & Wang, Y., 2015. *Fuzzy time series forecasting model based on automatic clustering techniques and generalized fuzzy logical relationship*. s.l.:Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering.
- Sah, M. & Degtiarev, K. Y., 2005. *Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series*. Volume 1 penyunt. s.l.:PROCEEDINGS OF WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY.
- Yuliawati, 2011. *Algoritma Fuzzy Backpropagation Pada Pengklasifikasian Dengan menggunakan Fuzzy Mean Squared Error*. Surakarta: Prosiding Semnas Universitas Sebelas Maret.
- Zhao, J., Watada, J. & Matsumoto, Y., 2015. A fuzzy time-series prediction y GA ased rough sets model. *IEEE Conference Publication*.

